

DIE KARDIOZIRKULATORISCHE  
BEANSPRUCHUNG DURCH DEN  
UNTERTAGEVORTRIEB IN  
DRUCKLUFT

Martin Schaefers

*Des  
München  
1905*







Digitized by the Internet Archive  
in 2026

Aus dem Institut und der Poliklinik für Arbeits-  
medizin der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. G. Fruhmann

DIE KARDIOZIRKULATORISCHE BEANSPRUCHUNG DURCH

DEN UNTERTAGEVORTRIEB IN DRUCKLUFT

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktor-  
würde in der gesamten Medizin an der Ludwig-Maxi-  
milian-Universität München

vorgelegt von

Martin Schaefers

1985

Mit Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. Dr. med. R. Kessel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. G. Fruhmann

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.1985

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                   | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Einleitung                                                                                                                     | 1     |
| 2. Methodik                                                                                                                       | 3     |
| 3. Ergebnisse                                                                                                                     | 9     |
| 3.1 Auswertung der im Kreislaulabor durchgeführten<br>Fahrradergometrie                                                           | 9     |
| 3.2 Herzfrequenz pro Schichtstunde und Arbeitsschicht                                                                             | 11    |
| 3.3 Herzfrequenz pro Schichtstunde und Tätigkeit                                                                                  | 15    |
| 3.4 Maximal erreichte Herzfrequenzwerte                                                                                           | 16    |
| 3.5 EKG-Veränderungen während Arbeiten in Überdruck                                                                               | 22    |
| 3.6 Das Verhalten der Herzfrequenz während der<br>Schleusphasen                                                                   | 33    |
| 3.7 Die Häufigkeit von Belastungen, die über der nach<br>G 31 zur Eignungsuntersuchung empfohlenen Ergo-<br>meterbelastung liegen | 37    |
| 3.8 Die Häufigkeit des Überschreitens der Dauerlei-<br>stungsgrenze für die Herzfrequenz                                          | 39    |
| 4. Diskussion                                                                                                                     | 42    |
| 5. Zusammenfassung                                                                                                                | 52    |
| Literaturverzeichnis                                                                                                              | 54    |
| Lebenslauf                                                                                                                        | 73    |



## 1. Einleitung

Im Gegensatz zu einer Vielzahl von Untersuchungen über das Verhalten der Herzfrequenz bei erhöhtem Luftdruck und Druckänderungen, insbesondere im Rahmen der Tauch- und Flugmedizin (1,9,21,28,31,34,54, 59,69,83,85,89,96,98,101,102), befassen sich relativ wenige Studien mit der kardiozirkulatorischen Beanspruchung durch Tätigkeiten in Überdruck (21,54,85).

Hinsichtlich der kardiozirkulatorischen Belastung von Druckluftarbeitern im Schichteinsatz und insbesondere im Zusammenhang mit dem neu eingeführten Spritzbetonverfahren, das im modernen Tunnelbau mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, existiert derzeit noch keine vergleichbare Untersuchung.

Zur Beurteilung der Eignung für Arbeiten in Überdruck hat der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung Richtlinien für die ärztliche Untersuchung herausgegeben, die im berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 (Überdruck) zusammengefaßt sind (32). Demnach wird zur Überprüfung der kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit eine ergometrische Belastung von mindestens 120 Watt über 5 Minuten oder eine Stufenbelastung zur Bestimmung der W 150 (Leistung in Watt bei einer Herzfrequenz von 150 Schlägen pro Minute) empfohlen. Ziel dieser Studie ist es, anhand von EKG-Langzeitregistrierungen an Druckluftarbeitern zu überprüfen, ob diese Empfehlung ausreichend ist.

Darüberhinaus sollten Erkenntnisse über die kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit in Abhängig-

keit von der Arbeitsschicht und über Auswirkungen des erhöhten Luftdruckes und der Druckwechsel auf Herzfrequenz und Elektrokardiogramm gewonnen werden.

## 2. Methodik

Das Probandenkollektiv umfaßte 24 klinisch gesunde Druckluftarbeiter einer Münchner U-Bahn-Baustelle, die als Mineure (Abb.1) oder Maschinenführer (Abb.2) im Dreischichtbetrieb unter erhöhtem Luftdruck im Einsatz waren (Tab.1). Wegen ungünstiger Grundwasserverhältnisse war ein mit Hilfe von Kompressoren konstantgehaltener Überdruck von 0,7 bar notwendig.

|              | Mineure          | Maschinenführer  |
|--------------|------------------|------------------|
| Anzahl       | 19               | 5                |
| Alter (J.)   | $\bar{x} = 28,2$ | $\bar{x} = 30,8$ |
| Größe (cm)   | $177 \pm 10$     | $173 \pm 4,5$    |
| Gewicht (kg) | $74,5 \pm 14$    | $73 \pm 11$      |

Tabelle 1: Untersuchte Probanden

Die Auswahl der Probanden erfolgte zufällig aus der Gruppe der nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 für Tätigkeiten in Druckluft geeigneten Arbeiter.

Zur Bestimmung der kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit wurde während der Voruntersuchung die Belastung am Fahrrad-Ergometer in Stufen von 2 Min/25 W bis in den submaximalen Bereich hinein gesteigert.

Die Langzeit-EKG-Messung erfolgte mit Hilfe eines Bandspeichersystems, das die Möglichkeit der kontinu-



Abb.1: Tunnelbauarbeiten in Überdruck: Ein Mineur  
führt die Spritzdüse



Abb.2: Tunnelbauarbeiten in Überdruck: Ein Maschinenführer im Einsatz

ierlichen Registrierung über Zeiträume bis zu 24 Stunden mit unbegrenztem Aktionsradius bietet. Die gespeicherten Daten lassen sich beliebig oft abrufen und auch grafisch darstellen.

Das für die Messungen verwendete Bandspeichersystem "Camscan" der Firma American Optical registriert auf zwei Kanälen zwei EKG-Ableitungen. Die Aufnahmegeräte (Abb.3) bestehen aus Präzisionskassettenrecordern für extrem langsame Geschwindigkeiten.



Abb.3: Aufnahmegerät des Bandspeichersystems  
"Camscan"

Als Datenträger dienten handelsübliche, qualitativ hochwertige Tonbandkassetten. Hochleistungsbatterien sorgten für Drehzahlkonstanz während Laufzeiten von teilweise über neun Stunden. Wir verwendeten selbstklebende Elektroden, die zusammen mit dem Elektrokabel mit Heftpflaster zugfrei fixiert wurden, so daß auch unter extremen Bedingungen ein sicherer Halt gewährleistet war. Die Elektroden befanden sich jeweils über dem zweiten Intercostalraum parasternal links und rechts, jeweils über dem sechsten Intercostalraum in der Medioclavikular-Linie links und rechts und über dem Ansatz der fünften Rippe parasternal rechts.

Die Wiedergabeeinheit des Systems besteht aus einem Kassettenabspielgerät, einem Bildschirm, einem integrierten Rechner und einem Wärmeschreiber (Abb.4).

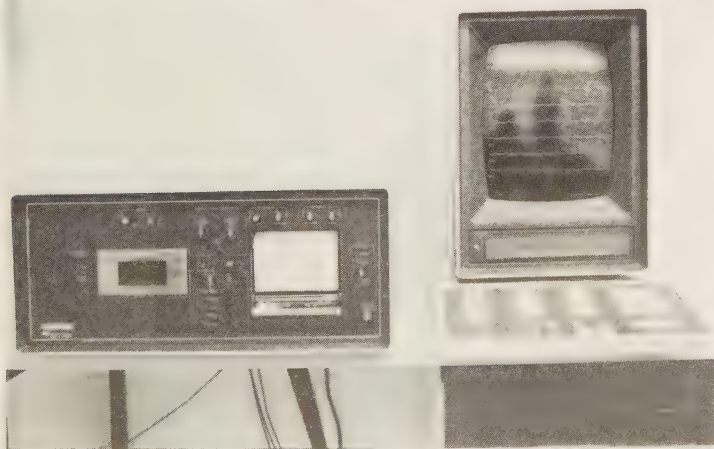


Abb.4: Wiedergabeeinheit des Bandspeichersystems  
"Camscan"

Das Gerät zeigt auf Anforderung das Elektrokardiogramm jeder beliebigen Minute der Arbeitsschicht, wobei die zeitliche Zuordnung auch noch nach einer Registrierung über neun Stunden auf die Minute genau ist. Dies war für die exakte Auswertung der nur fünf bis zwölf Minuten dauernden Schleusphasen von großer Bedeutung.

Das EKG-Bandspeichergerät wurde jeweils etwa 20 Minuten vor Schichtbeginn angelegt und etwa zehn Minuten nach der Dekompressionsphase abgenommen.

Zum Teil beobachteten wir die Arbeiter während ihrer Tätigkeit, zum Teil befragten wir sie nach der Arbeitsschicht bezüglich Art und Zeitpunkt der durchgeführten Arbeiten. Die einzelnen Schichtaufzeichnungen eines jeden Arbeiters erfolgten jeweils am selben Wochentag. Der erste Tag nach jedem Schichtwechsel blieb von Messungen frei, um einen eventuell dadurch gegebenen störenden Einfluß recht gering zu halten.

Zur Auswertung kamen somit 72 Bandspeicher-EKG-Aufzeichnungen über insgesamt etwa 650 Stunden.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Auswertung der im Kreislaflabor durchgeföhrten Fahrrad-Ergometrie

Ausgehend von 75 Watt erfolgte eine Belastungssteigerung am Fahrradergometer in Stufen von 25 Watt bis in den altersentsprechenden submaximalen Bereich (Abb.5).

Zwei Probanden waren vor Erreichen von 150 Watt, die Hälfte der Probanden vor Erreichen von 175 Watt ausgeschieden, zum überwiegenden Teil weil die altersentsprechenden relativen Maximalwerte für die Herzfrequenz erreicht wurden, zum anderen aufgrund von Erschöpfung oder Muskelermüdung.

Die Belastung von 125 Watt führte durchschnittlich zu einer Herzfrequenz von 130 Schlägen/pro Minute und einem Blutdruck von 170/80 mm Hg.

Die Ruhefrequenz der Probanden betrug im Mittel 70 Schläge pro Minute, der Ruheblutdruck 120/80 mm Hg.

Im EKG des Probanden O, Mineur, 33 Jahre alt, beobachteten wir nach einer Belastung von 175 Watt monotope, teils gekoppelte rechtsventrikuläre Extrasystolen. Bis zur Belastungsstufe von 125 Watt war das EKG noch völlig unauffällig.

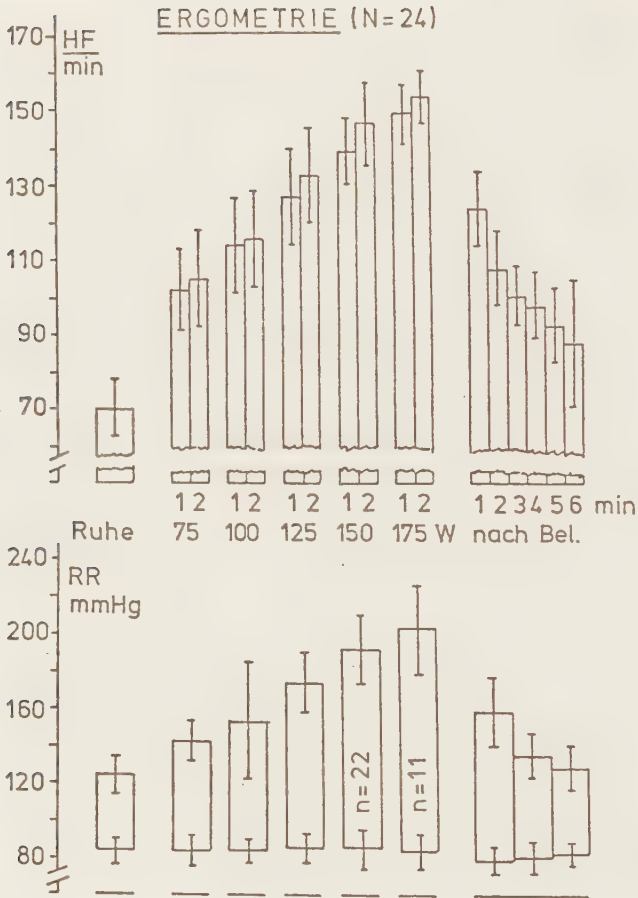


Abb.5: Die Ergebnisse der Voruntersuchung am Fahrradergometer

### 3.2 Herzfrequenz pro Schichtstunde und Arbeitsschicht

Zur Beurteilung der kardiozirkulatorischen Beanspruchung durch Tätigkeiten in Druckluft während der verschiedenen Arbeitsschichten zogen wir die durchschnittliche Anzahl von Herzschlägen pro Schichtstunde heran. Es zeigt sich eine nahezu kontinuierliche Abnahme in allen drei Schichten von Schichtbeginn bis Schichtende von durchschnittlich 6000 auf 5200 Herzschläge pro Stunde. In der Nachtschicht ist die Tendenz eines stärkeren Herzfrequenzabfalls zu erkennen (Abb.6).

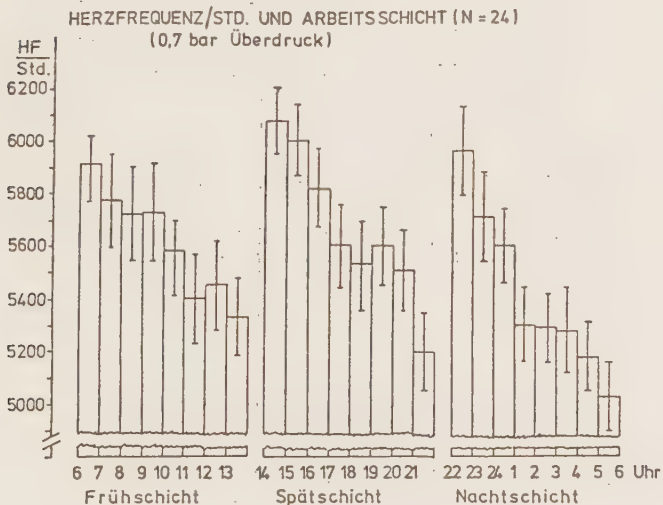


Abb.6: Herzfrequenzprofil während der drei Arbeitsschichten

Zu Beginn der Spätschicht tritt die höchste durchschnittliche Herzfrequenz pro Stunde auf, gegen Ende der Nachtschicht der niedrigste Wert. Die Differenz vom Frequenzwert der ersten Schichtstunde zum Frequenzwert der letzten Schichtstunde ist in der Nachtschicht am größten (15,8 %), gefolgt von der Spätschicht (14,5 %). Am geringsten ist sie in Frühschicht mit einer Abnahme des Herzschlag-Stundenwerts um 9,8 %.

Bestimmt man die durchschnittliche Herzfrequenz eines jeden Probanden über die gesamte Dauer jeder Arbeitsschicht, so zeigen sich deutliche Unterschiede in der Anzahl hoher Durchschnittswerte (Abb.7).

Diese sind in der Spätschicht wesentlich häufiger zu beobachten (acht Probanden mit Durchschnittswerten über 100 Schlägen pro Minute) als in der Früh- oder Nachtschicht (jeweils vier Probanden mit Durchschnittswerten über 100 Schlägen pro Minute).

Sechs von neun Probanden mit einer mittleren Herzfrequenz von über 100 Schlägen pro Minute übertrafen diesen Wert in mehr als einer Arbeitsschicht.

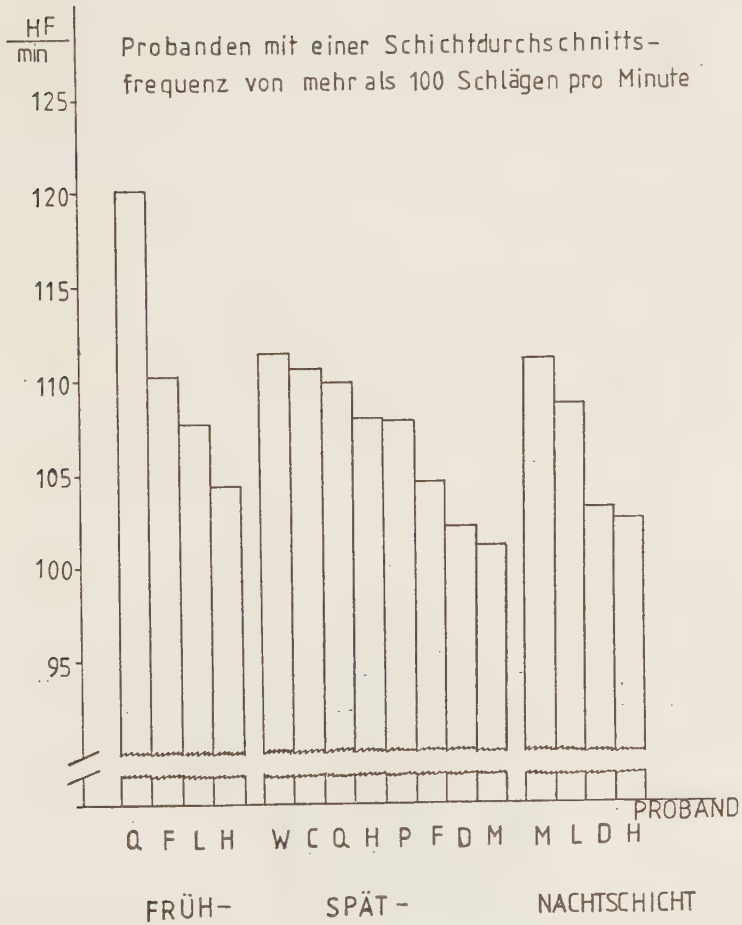


Abb.7: Häufigkeit hoher Schichtdurchschnittsfrequenzen in jeder Arbeitsschicht

Die Bestimmung der mittleren Herzfrequenz je Arbeitsschicht aus den Durchschnittswerten jedes einzelnen Probanden ergibt während der Spätschicht den höchsten Wert. Der Mittelwert während der Frühschicht liegt nur tendenziell über jenem der Nachtschicht (Abb.8).

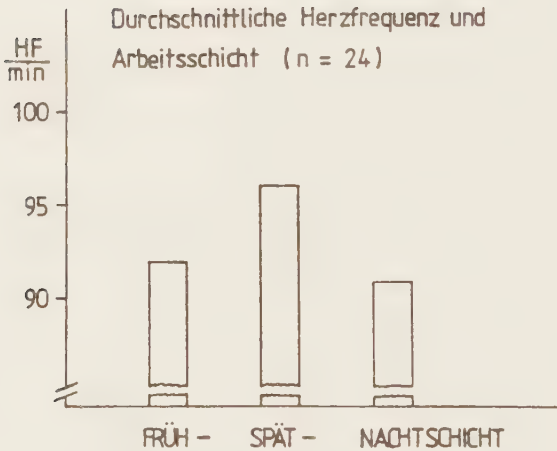


Abb.8: Die durchschnittliche Herzfrequenz der Probanden je Arbeitsschicht.

### 3.3 Herzfrequenz pro Schichtstunde und Tätigkeit

Zur Klärung der Frage, ob die Tendenz der kontinuierlichen Herzfrequenzabnahme während der Arbeitsschicht durch den Einfluß des erhöhten Luftdrucks zustandekommt oder aus einer abnehmenden körperlichen Arbeitsleistung im Lauf der Schicht resultiert, wurde das Herzfrequenzprofil der Maschinenführer mit vorwiegend sitzender Tätigkeit getrennt von dem der Mineure bestimmt (Abb.9).

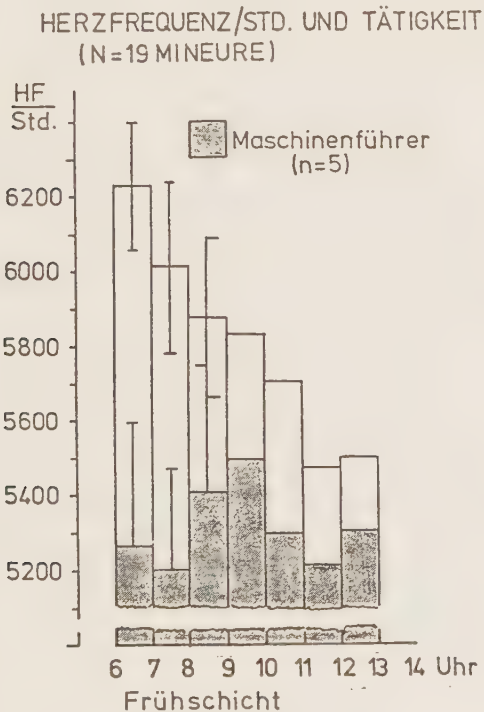


Abb.9: Das Herzfrequenzprofil der Maschinenführer und Mineure im Vergleich

Es zeigt sich, daß die stündlichen Herzfrequenzwerte der Maschinenführer über die ganze Schicht hinweg nahezu unverändert bleiben, während die Werte der Mineure im Verlauf der Schicht kontinuierlich abfallen. Dabei liegen sie durchwegs über den Werten der Maschinenführer.

### 3.4 Maximal erreichte Herzfrequenzwerte

Während der Tunnelarbeiten in Druckluft erreichten die Mineure Spitzenwerte bis zu 187 Schlägen pro Minute, die Maschinenführer Werte bis zu 151 Schlägen pro Minute (Abb.10).

In der Mehrzahl der Fälle lagen jedoch die maximalen Herzfrequenzwerte der Maschinenführer im Bereich von etwa 110 bis 130 Schlägen pro Minute.

Während 18 von 57 Arbeitsschichten wurden an Mineuren maximale Herzfrequenzwerte von über 150 Schlägen pro Minute registriert, in drei Fällen Herzfrequenzwerte von über 170 Schlägen pro Minute.

Proband F, Mineur, 24 Jahre alt, 70 kg schwer und 167 cm groß, wies während der Spätschicht gegen 14<sup>30</sup> h Herzfrequenzen bis zu 187 Schlägen pro Minute auf. Seine Tätigkeit bestand zu dieser Zeit im Aufstellen eines sogenannten Ringes, einer sehr schweren körperlichen Hebearbeit.

Einen Ausschnitt aus der Aufzeichnung des Elektrokardiogramms zeigt Abb.11.

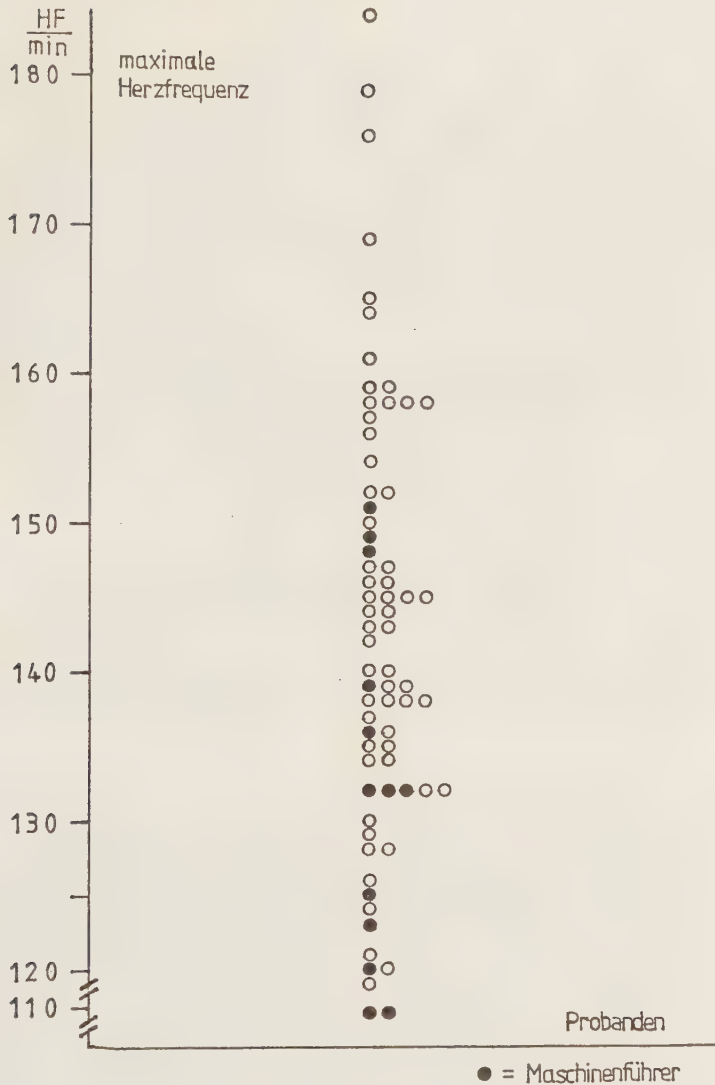


Abb.10: Während Arbeiten in Überdruck erreichte Schichtmaximalwerte der Herzfrequenz (N=24 Probanden à drei Schichten)

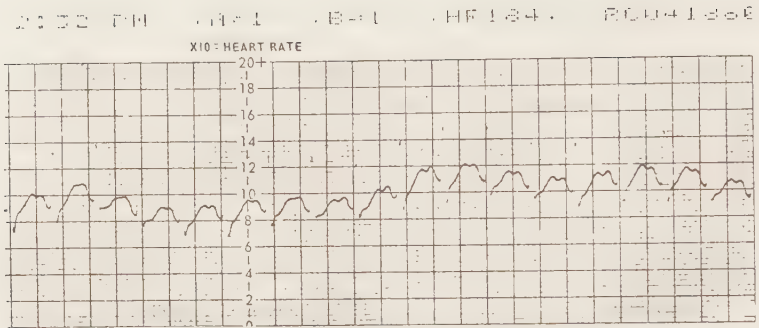


Abb.11: Herzfrequenz von Proband F während des Aufstellens eines Ringes

Proband D, Mineur, 21 Jahre alt, 66 kg schwer und 174 cm groß, erreichte während der Spätschicht um 18<sup>19</sup> h eine Herzfrequenz von 179 Schlägen pro Minute ebenfalls während des Aufstellens eines Ringes (Abb.12).

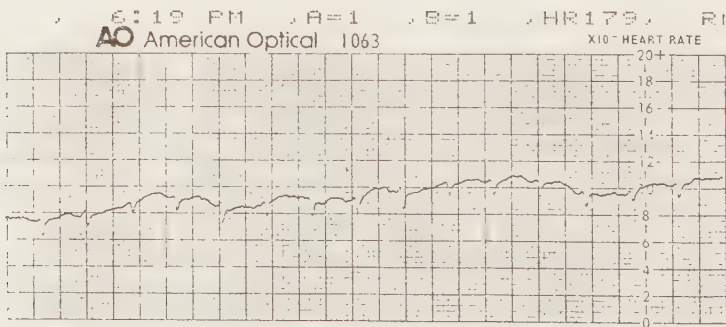


Abb.12: Herzfrequenz von Proband D während des Aufstellens eines Ringes

Proband N, Mineur, 22 Jahre alt, 76,5 kg schwer und 187 cm groß, erreichte während der Nachtschicht um 22<sup>40</sup> h eine Herzfrequenz von 176 Schlägen pro Minute (Abb.13).

Seine Tätigkeit bestand zu dieser Zeit im Lösen festen Erdreichs mit dem Abbauhammer.

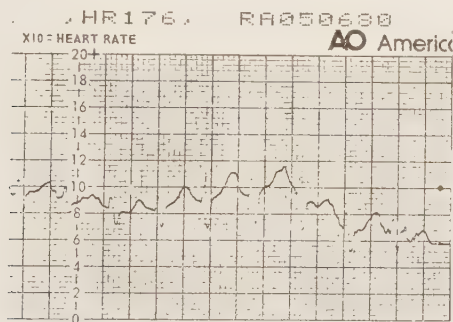


Abb.13: Herzfrequenz von Proband N während des Lösens festen Erdreichs mit dem Abbauhammer.

Um festzustellen, in welcher Arbeitsschicht am häufigsten hohe Herzfrequenzwerte auftraten, wurde die Anzahl der Probanden in jeder Schicht bestimmt, deren maximale Herzfrequenzwerte verschiedene Mindestwerte übertrafen (Abb.14).

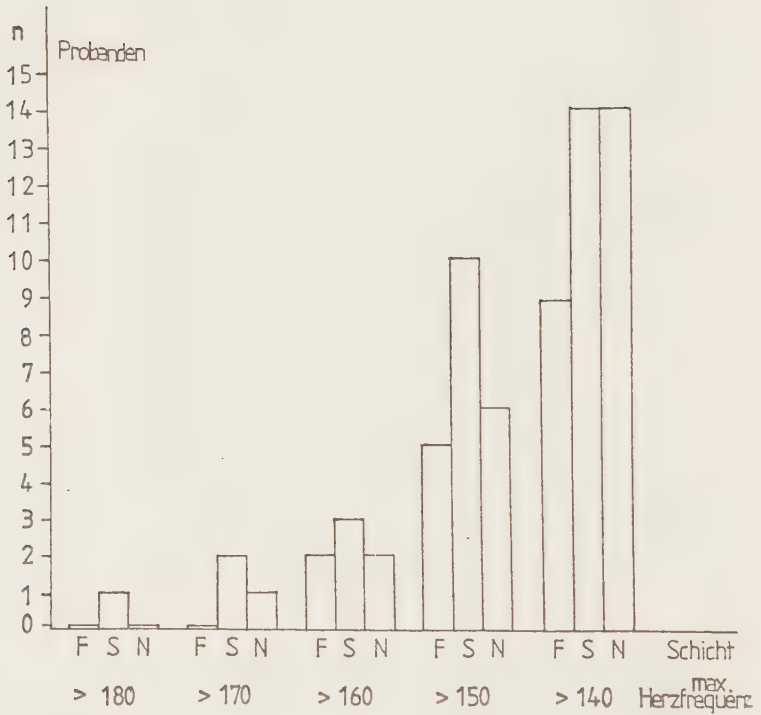


Abb.14: Die Anzahl der Probanden in jeder Schicht, deren maximale Herzfrequenzwerte verschiedene Mindestwerte übertrafen.

Es ist zu erkennen, daß extrem hohe Herzfrequenzwerte bevorzugt während der Spätschicht erreicht wurden.

Die Abbildung 15 zeigt einen Ausschnitt aus der grafischen Darstellung der mittleren Herzfrequenz pro Minute in der Spätschicht von Proband P, Mineur, 25 Jahre alt, 74,5 kg schwer und 174,5 cm groß, der etwa alle 40 Minuten mit dem Führen der Spritzdüse beschäftigt war, einer körperlich sehr belastenden, statischen Haltearbeit.

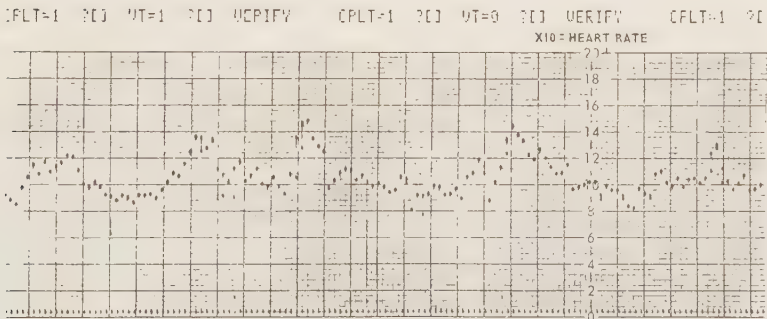


Abb.15: Herzfrequenzprofil während der Spätschicht von Proband P. Jeder Punkt entspricht einem Minutendurchschnittswert für die Herzfrequenz.

### 3.5 EKG-Veränderungen während Arbeiten in Überdruck

An zwei Probanden wurde im Verlauf aller drei Schichtaufzeichnungen Extrasystolen in unterschiedlicher Art und Häufigkeit registriert.

Proband O, Mineur, 33 Jahre alt, 72 kg schwer und 174 cm groß, zeigte in der Frühschicht etwa zwei Stunden nach Schichtbeginn gehäuft auftretende, zum Teil gekoppelte ventrikuläre Extrasystolen bei einer Herzfrequenz von 111 Schlägen pro Minute (Abb.16). Der Proband verrichtete zu dieser Zeit Erdarbeiten mit der Schaufel.

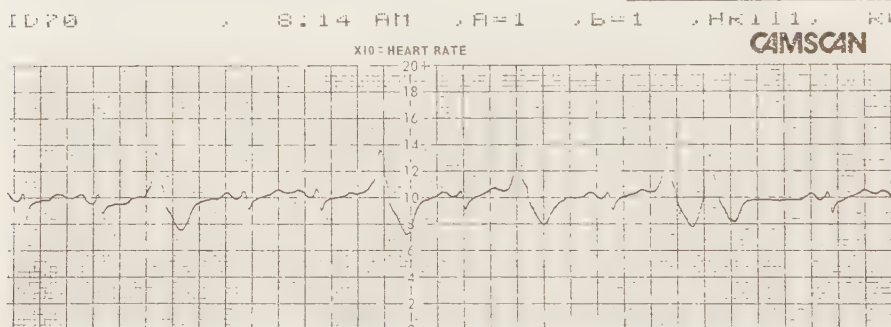


Abb.16: Gehäuft auftretende, zum Teil gekoppelte ventrikuläre Extrasystolen während schwerer körperlicher Arbeit in Druckluft

Es handelt sich um früh einfallende, monomorphe ventrikuläre Extrasystolen. Der Abstand zur vorangegangenen Kammeraktion beträgt 0,38 Sekunden.

Die zwei gekoppelten Extrasystolen folgen in einem Abstand von 0,32 Sekunden aufeinander.

In der Spätschichtaufzeichnung desselben Probanden zeigt sich gegen 14<sup>30</sup> h bei einer Herzfrequenz von 109 Schlägen pro Minute eine 4:1 - Extrasystolie (Abb.17). Der Proband fuhr zu dieser Zeit eine Erdbewegungsmaschine.

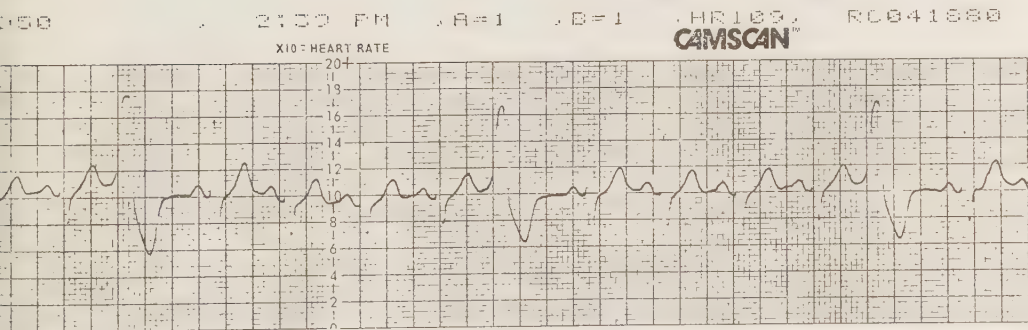


Abb.17: 4:1 - Extrasystolie während des Bedienens einer Maschine in Überdruck

In der EKG-Aufzeichnung von Proband 0 trat während der Nachtschicht kurz nach 2<sup>00</sup> h ein Bigeminus-Rhythmus auf, der etwa eine Minute lang anhielt (Abb.19). Der Proband berichtete, er habe von 0<sup>45</sup> h bis 1<sup>30</sup> h Spritzbetonarbeiten durchgeführt. Anschließend legte er eine Ruhepause ein, während der offensichtlich der Bigeminus-Rhythmus auftrat. Darauf deutet auch die niedrige, nur gering über der Ruhefrequenz liegende Herzfrequenz von 74 Schlägen pro Minute hin.

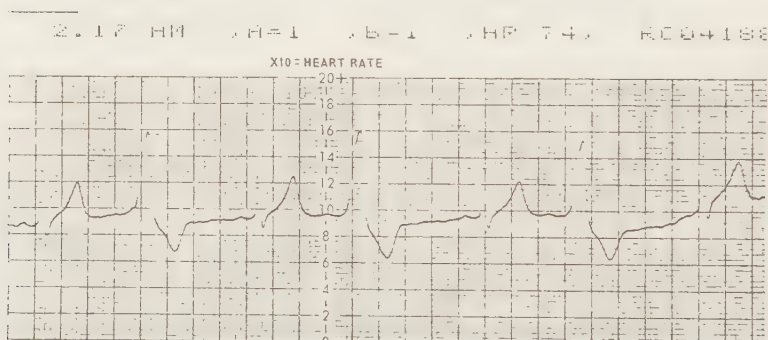


Abb.19: Bigeminus-Rhythmus während einer Ruhepause nach schwerer, besonders statisch belastender körperlicher Arbeit im Überdruck (Halten der Betonspritzdüse)

In derselben Aufzeichnung zeigte sich gegen 3<sup>30</sup> h bei einer Herzfrequenz von 85 Schlägen pro Minute eine 2:1 - Extrasystolie. Der Proband berichtete, er habe von 3<sup>00</sup> h bis 3<sup>30</sup> h Spritzbetonarbeiten durchgeführt (Abb.20).

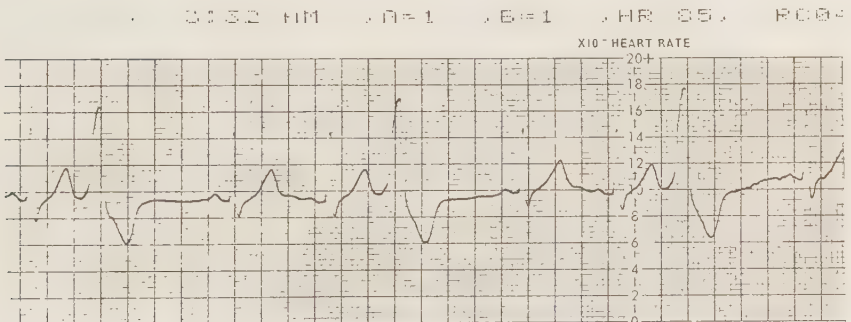


Abb.20: 2:1 - Extrasystolie während Arbeiten mit der Betonspritzdüse

Gegen 1<sup>00</sup> h nachts traten zum Teil gekoppelte, ventrikuläre Extrasystolen bei einer Herzfrequenz von 93 Schlägen pro Minute auf. Der Proband war zu dieser Zeit wiederum mit Spritzbetonarbeiten beschäftigt (Abb.21).

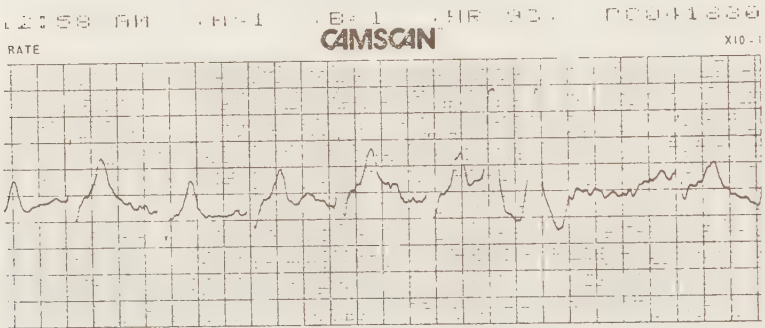


Abb.21: Ventrikuläre, zum Teil gekoppelte Extrasystolen während Spritzbetonarbeiten in Überdruck (Nachtschicht)

Proband L, Mineur, 27 Jahre alt, 78 kg schwer, 184 cm groß, zeigte in der Frühschichtaufzeichnung bei einer Herzfrequenz von 106 Schlägen pro Minute eine 2:1 - Extrasystolie (Abb.22).

Es handelt sich um teils früh einfallende ventrikuläre Extrasystolen. Die Einfallszeit beträgt zwischen 0,34 und 0,4 Sekunden nach Beginn des vorhergehenden Kammerkomplexes.

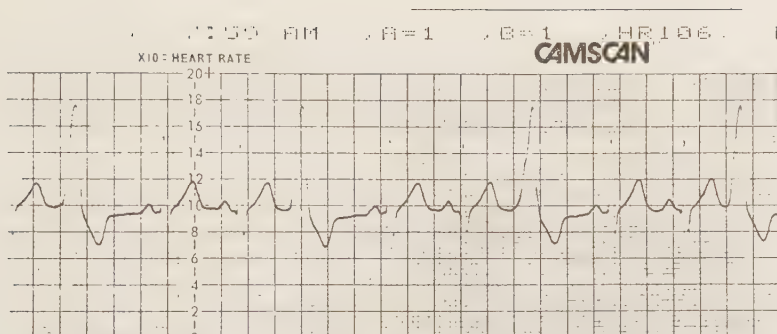


Abb.22: 2:1 - Extrasystolie während Arbeiten in Überdruck (Frühschicht)

In derselben Schichtaufzeichnung war um 10<sup>45</sup> h bei einer Herzfrequenz von 95 Schlägen pro Minute eine 3:1 - Extrasystolie festzustellen. Die Extrasystolen fielen regelmäßig 0,36 Sekunden nach der vorhergehenden Kammeraktion ein (Abb.23).

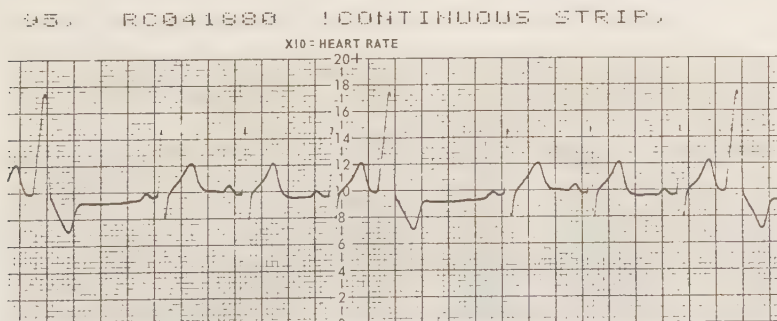


Abb.23: 3:1 - Extrasystolie während Arbeiten in Überdruck (Frühschicht)

Während der Mittagsschicht desselben Probanden zeigten sich bei einer Herzfrequenz von 93 Schlägen pro Minute vereinzelt einfallende ventrikuläre Extrasystolen (Abb.24).

Der Proband war zu dieser Zeit mit dem Reinigen der Spritzmaschine beschäftigt.

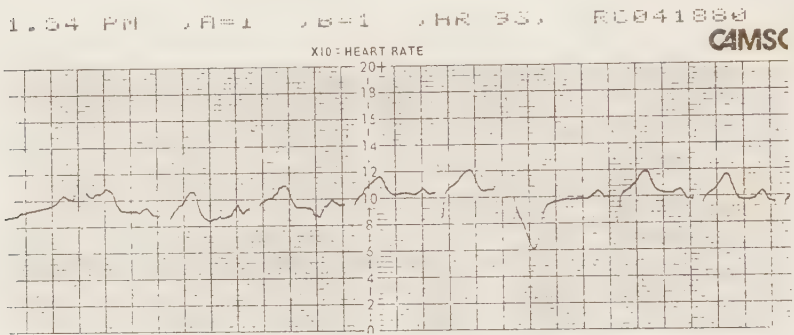


Abb.24: Vereinzelt auftretende Extrasystolen während leichter Tätigkeit in Überdruck

In der Nachtschichtaufzeichnung desselben Probanden war gegen 22<sup>00</sup> h eine 3:1 - Extrasystolie bei der relativ niedrigen Herzschlagfrequenz von 76 Schlägen pro Minute festzustellen (Abb.25).

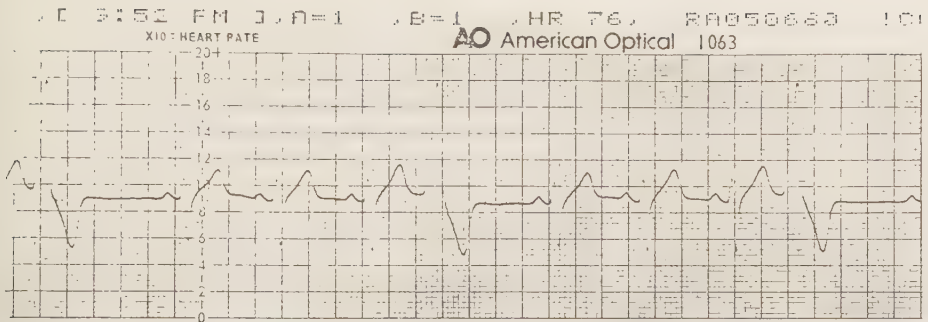


Abb.25: 3:1 - Extrasystolie bei einer Frequenz von 76 Schlägen pro Minute während Arbeiten in Überdruck

Proband M, Mineur, 35 Jahre alt, 63 kg schwer, 180 cm groß, zeigte in der Frühschicht um etwa 9<sup>30</sup> h eine präterminale T - Negativierung bei einer Herzfrequenz von 100 Schlägen pro Minute (Abb.26). Der Proband berichtete, er habe zu dieser Zeit Eisengitter montiert.

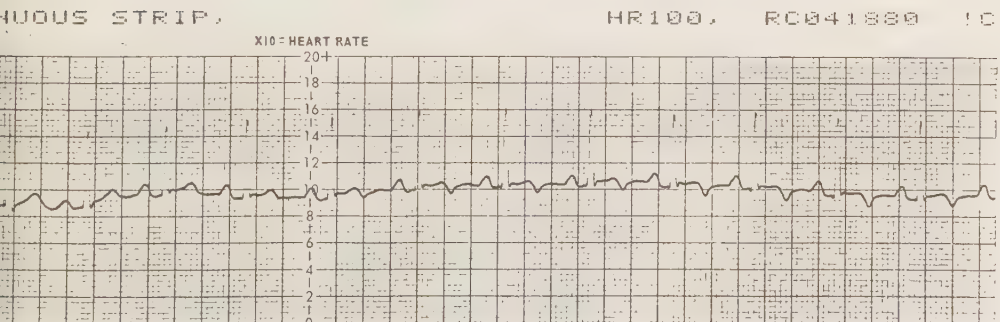


Abb. 26: T - Negativierung während Arbeiten in Überdruck

Abb.27 zeigt den Rückgang der T - Negativierung,  
der etwa fünf Minuten später erfolgte.

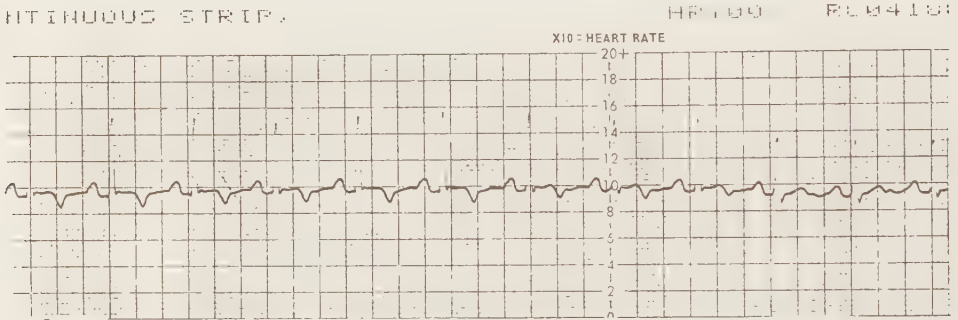


Abb.27: Rückbildung der T - Negativierung in der  
Frühschichtaufzeichnung von Proband M

Proband F, Mineur, 24 Jahre alt, 70 kg schwer  
und 167 cm groß, wies in der Frühschicht um 13<sup>35</sup> h  
einen sprunghaften Herzfrequenzwechsel auf.  
Die Herzfrequenz fiel von 107 Schlägen pro Minute  
auf einen Wert von 68 Schlägen pro Minute ab (Abb.28).

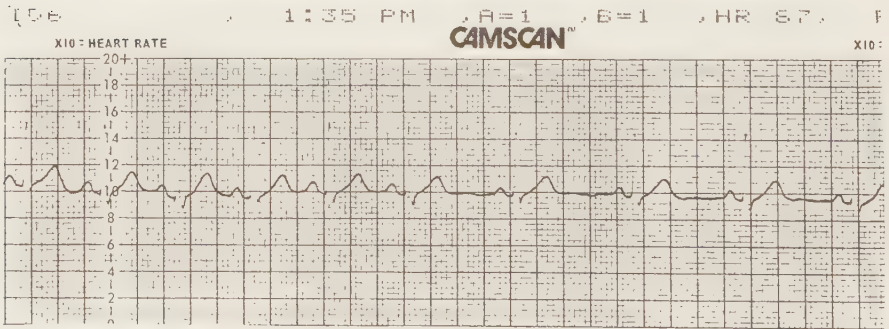


Abb.28: Plötzlicher Herzfrequenzabfall  
in der Frühschichtaufzeichnung von Proband F

In der Nachtschichtaufzeichnung von Proband K, Maschinenführer, 22 Jahre alt, 62 kg schwer und 174 cm groß, zeigte sich um 21<sup>48</sup> h für kurze Zeit eine Sinus-Arrhythmie mit Herzfrequenzwerten von 44 bis 75 Schlägen pro Minute (Abb.29).

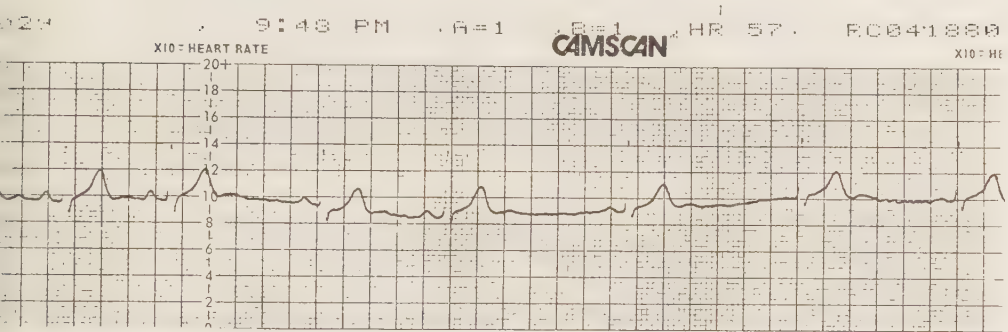


Abb.29: Vorübergehend aufgetretene Sinus-Arrhythmie während der Nachtschicht von Proband K

In den EKG-Aufzeichnungen von Proband J, 22 Jahre alt, 69 kg schwer und 168 cm groß, waren während aller drei Schichten zeitweise Herzfrequenzen zwischen 50 und 60 Schlägen pro Minute zu beobachten (Abb.30).

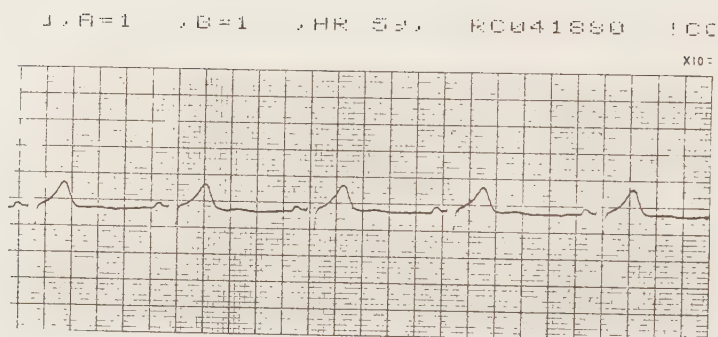


Abb.30: Niedrige Herzfrequenz während der Frühschichtaufzeichnung von Proband J

### 3.6 Das Verhalten der Herzfrequenz während der Schleusphasen

Die EKG-Aufzeichnungen während der Schleusphasen werteten wir getrennt nach Einschleus- beziehungsweise Ausschleusphase sowie nach Früh-, Spät- und Nachtschicht aus.

In der Kompressionsphase wurde der Luftdruck mit einer Geschwindigkeit von 0,05 bis 0,1 bar pro Minute auf den Arbeitsdruck von 0,7 bar Überdruck erhöht (Abb.31).

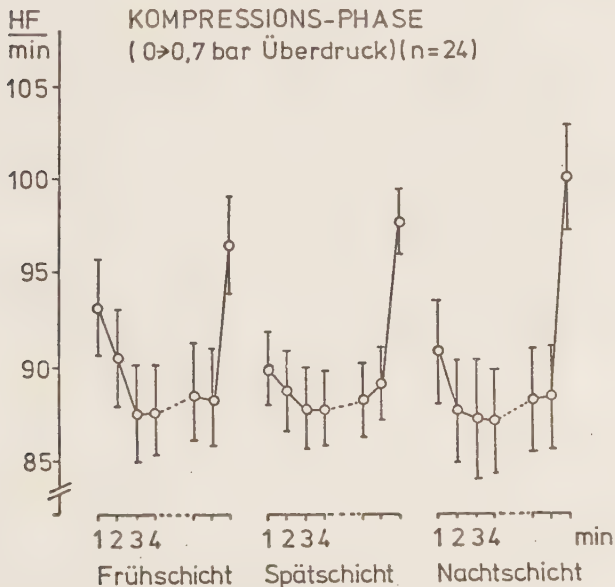


Abb.31: Das Verhalten der Herzfrequenz während der Kompressionsphase (eingezeichnet die ersten vier und letzten drei Minuten)

Die Auswertung der EKG-Aufzeichnungen der Kompressionsphase, während der die Arbeiter in der Schleuse Platz nehmen, zeigt in den ersten drei Minuten ein kontinuierliches Abfallen der Herzfrequenz. In der letzten Minute der Kompressionsphase steigt die Herzfrequenz stärker an, wenn sich die Probanden wieder erheben, um die Schleuse zu verlassen.

Dieses Verhalten der Herzfrequenz ist in allen Schichten nahezu identisch.

Während der Dekompressionsphase wurde der Luftdruck mit einer Geschwindigkeit von 0,05 bis 0,1 bar pro Minute von 0,7 bar Überdruck auf Normaldruck gesenkt.

In den ersten Minuten läßt sich wiederum ein deutlicher Abfall der Herzfrequenz feststellen.

Nach einer Plateauphase erreicht die Herzfrequenz in der letzten Minute des Ausschleusvorganges wieder wesentlich höhere Werte, wenn die Arbeiter aus der Schleuse steigen.

Die Herzfrequenzprofile der einzelnen Arbeitsschichten während des Ausschleusens sind ebenso nahezu kongruent (Abb.32).

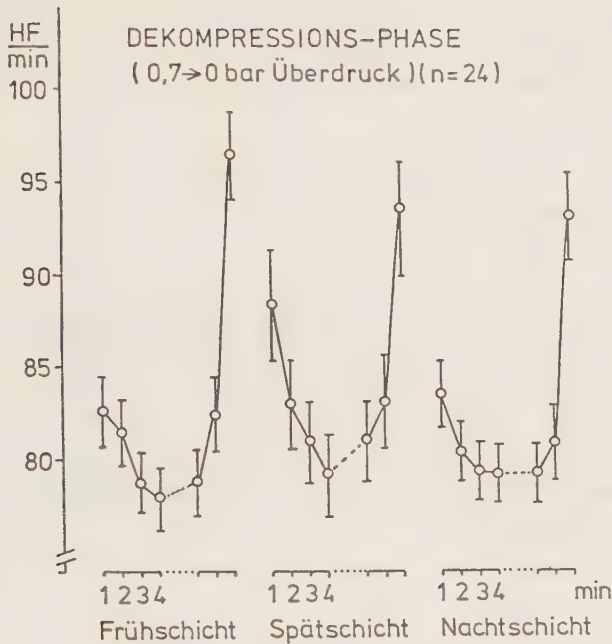


Abb.32: Verhalten der Herzfrequenz während der Dekompressionsphase (eingezeichnet die ersten vier und letzten drei Minuten)

Um einen eventuellen Einfluß der Luftdruckveränderung auf die Herzfrequenz deutlich machen zu können, wurden die Plateauphasen einander gegenübergestellt, da während der Plateauphasen unter Ausschluß von Ruheeffekten von der Ruhefrequenz unter Schleusbedingungen ausgegangen werden kann (Abb.33).

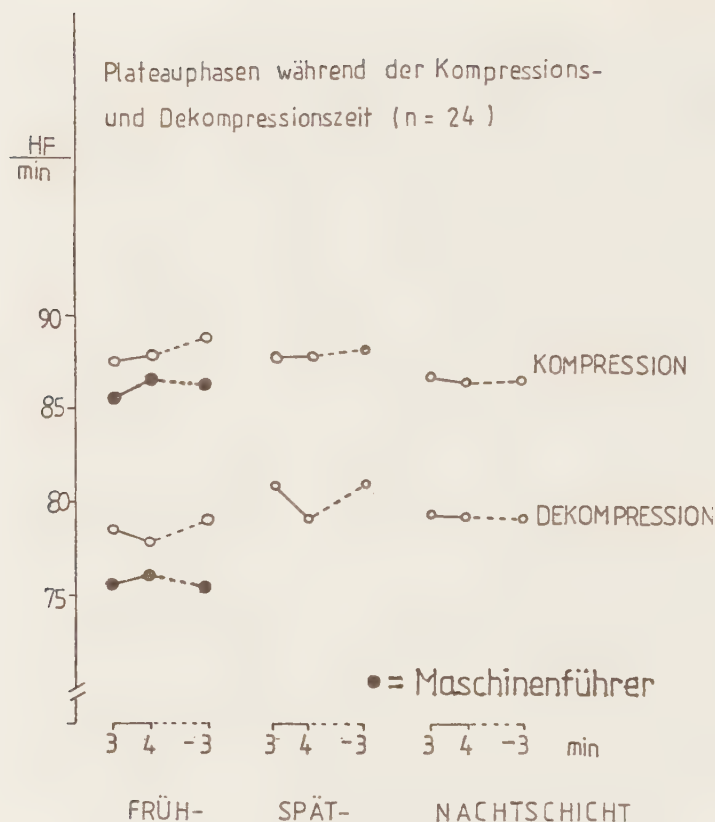


Abb.33: Vergleich der Plateauphasen während der Kompressions- und Dekompressionszeit

Es ist zu erkennen, daß während der Plateauphasen die Herzfrequenz zumeist völlig konstant bleibt, sowohl während der Kompressions- als auch der Dekompressionszeit.

Auffallend ist, daß das Herzfrequenz-Plateau während der Kompressionsphase höher liegt als während der Dekompression.

3.7 Die Häufigkeit von Belastungen, die über der nach G 31 zur Eignungsuntersuchung empfohlenen Ergometerbelastung liegen

Zur Beurteilung, wie oft die im BG-Grundsatz G 31 empfohlene ergometrische Belastung von 120 Watt unter realen Arbeitsbedingungen beim Tunnelbau in Druckluft überschritten wird, wurde die Häufigkeit von Herzfrequenzwerten über 130/Minute bestimmt (Abb.34). Diese Herzfrequenz entspricht gemäß der Auswertung der Fahrradergometrie, die am untersuchten Probandenkollektiv durchgeführt wurde, im Durchschnitt einer Belastung von 125 Watt.

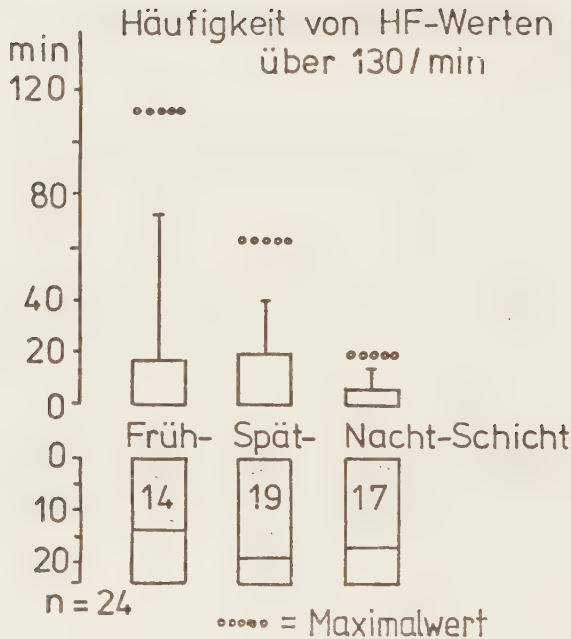


Abb.34: Anzahl der Probanden, die während der Schichtaufzeichnungen eine Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute überschritten haben, sowie die durchschnittliche und maximale Dauer der Überschreitungszeit

Vom Gesamtkollektiv der 24 untersuchten Druckluftarbeiter überschritten 14 während der Früh-, 19 während der Spät- und 17 während der Nachtschicht eine Frequenz von 130 Schlägen pro Minute.

Die Überschreitungszeit betrug durchschnittlich etwa 20 Minuten während der Früh- und Spätschicht,

im Extremfall knapp zwei Stunden in der Frühschicht und etwa eine Stunde in der Spätschicht.

In der Nachtschicht wurden Herzfrequenzwerte über 130 Schlägen pro Minute wesentlich seltener erreicht.

### 3.8 Die Häufigkeit des Überschreitens der Dauerleistungsgrenze für die Herzfrequenz

Die Dauerleistungsgrenze für die Herzfrequenz bestimmt sich nach Grandjean für Männer aus der Summe der Ruhefrequenz und 35 sogenannten Arbeitspulsen (27). Sie beträgt für das Probandenkollektiv bei einer durchschnittlichen Ruhefrequenz von 70 Schlägen pro Minute etwa 105 Schläge pro Minute.

Alle Probanden überschritten während der Aufzeichnungen diesen Herzfrequenzwert, in der Früh- und Spätschicht im Einzelfall bis zu fünf Stunden, im Durchschnitt etwa 1 1/2 und zwei Stunden (Abb.35).

In der Nachtschicht waren die Überschreitungszeiten mit durchschnittlich etwa einer Stunde und maximal knapp drei Stunden deutlich kürzer.

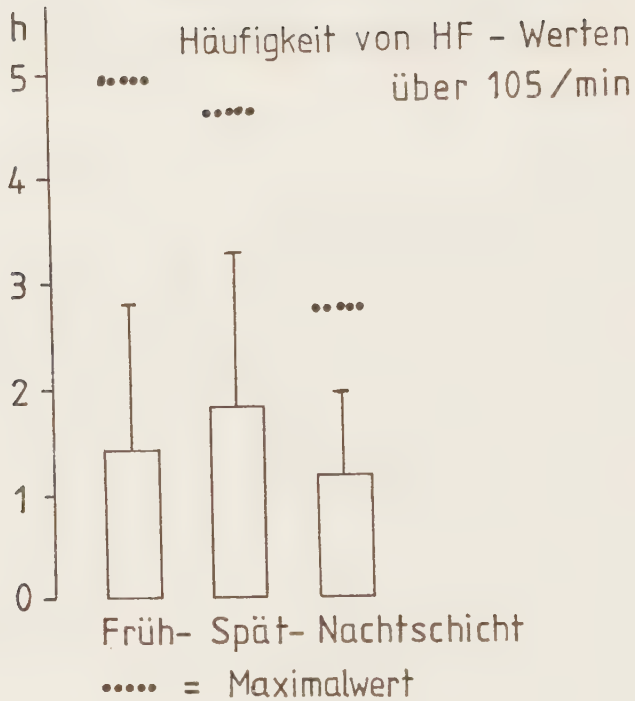


Abb.35: Häufigkeit von Herzfrequenzwerten über  
105 Schlägen pro Minute je Arbeitsschicht  
(Dauerleistungsgrenze nach Grandjean (27))

Abbildung 36 stellt die Anzahl der Probanden in jeder Schicht dar, deren Herzfrequenz die Dauerleistungsgrenze nach Grandjean für mehr als eine Stunde überschritten hat.

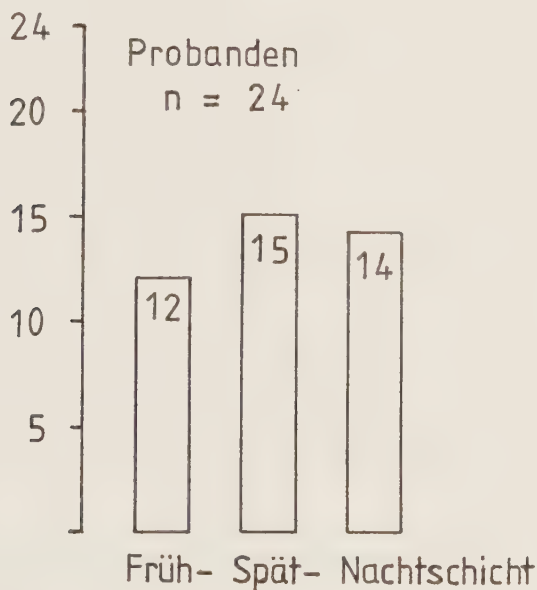


Abb.36: Anzahl der Probanden, die mehr als eine Stunde über der Dauerleistungsgrenze lagen.

Die Mehrzahl der Probanden übertrifft während der acht-stündigen Schicht die Dauerleistungsgrenze nach Grandjean für mehr als eine Stunde.

#### 4. Diskussion

Die Auswertung der EKG-Langzeitaufzeichnungen während des Tunnelbaus in Überdruck ergab Herzfrequenzspitzenwerte bis zu 187 Schlägen pro Minute, die insbesondere beim Aufstellen der sogenannten Ringe im Rahmen des angewandten Spritzbetonverfahrens auftraten. Vergleichbare Studien an Druckluftarbeitern liegen bisher nicht vor. F. KLIMMER und Mitarbeiter (47) konnten anhand von Bandspeicheraufzeichnungen an Arbeitern im Bauhauptgewerbe, die von der Tätigkeit her mit unserem Probandenkollektiv vergleichbar sind, allerdings unter normalen Druckverhältnissen arbeiten, ebenfalls Herzfrequenzspitzenwerte über 180 Schläge pro Minute nachweisen. Aufgrund ihrer Untersuchungsergebnisse stuften die Autoren diese Tätigkeiten im Bauhauptgewerbe als Schwer- bis Schwerstarbeit ein und forderten vor Aufnahme solcher Arbeiten die kardio-zirkulatorische Leistungsfähigkeit zu bestimmen bzw. auch regelmäßige Überwachungsuntersuchungen durchzuführen.

Ein Proband zeigte zeitweise niedrige Herzfrequenzwerte zwischen 50 und 60 Schlägen pro Minute. Dies war auf den guten Trainingszustand dieses Probanden zurückzuführen, der aktiv Sport betreibt.

In den EKG-Aufzeichnungen zweier Arbeiter konnten in allen drei Schichten teils fröheinfallende ventrikuläre Extrasystolen aufgedeckt werden, die teils gekoppelt, teils im Bigeminus-Rhythmus, als 2:1 -, 3:1 - oder 4:1 - Extrasystolie oder vereinzelt auftraten.

In einem Fall waren Extrasystolen gehäuft insbesondere beim Führen der Spritzdüse zu beobachten gewesen. Diese statische Haltearbeit zählt zu den stärker

beanspruchenden Tätigkeiten, da die schwere Düse gegen Bauch und Brust gestemmt wird, um den Rückstoß aufzufangen.

Eine mögliche Erklärung für die teils bei Herzfrequenzen unter 100 Schlägen pro Minute aufgetretenen ventrikulären Extrasystolen könnte eine vermehrte Rechtsherzbelastung bei erhöhtem intrathorakalen Druck während der 20 bis 30 Minuten dauernden Spritzperioden sein. Während der ergometrischen Belastung im Rahmen der Voruntersuchung waren bei diesem Probanden Extrasystolen erst nach 175 Watt Belastung zu beobachten gewesen. Wahrscheinlich handelte es sich aber um Fehlregulationen des vegetativen Nervensystems, die mechanisch durch den Rückstoß der Spritzdüse ausgelöst wurden.

Die EKG-Aufzeichnung eines zweiten Druckluftarbeiters, dessen Belastungs-EKG im Rahmen der Voruntersuchung bei altersentsprechend submaximaler Belastung völlig unauffällig war, zeigte teils schon bei einer Herzfrequenz von 75 Schlägen pro Minute während leichter und mittelschwerer Arbeiten in jeder Arbeitsschicht ventrikuläre Extrasystolen, die zumeist vereinzelt, zum Teil auch als 2:1 - oder 3:1 - Extrasystolie auftraten. Hinweise für eine Rechtsherzbelastung fanden WILSON und Mitarbeiter (98), die an Tauchern bei Tauchgängen bis 200 Fuß Tiefe rechtsventrikuläre Überleitungsstörungen feststellten. Als mögliche Ursachen dafür wurden eine erhöhte Atemgasdichte, eventuelle Elektrolytveränderungen oder eine Auswirkung der Hyperoxie diskutiert.

BELS (9) konnte an 40 Versuchspersonen eine sig-

nifikante Verlängerung der Kreislaufzeit im kleinen Kreislauf während des Aufenthalts in zwei bis vier bar Überdruck zeigen. Er führte dies auf eine durch den erhöhten Sauerstoffpartialdruck bedingte Erweiterung der Pulmonalgefäße zurück. Dies spricht gegen eine vermehrte Rechtsherzbelastung durch den Aufenthalt in erhöhtem Luftdruck an sich. Eine toxische Wirkung auf das Erregungsleitungssystem des Herzens aufgrund des erhöhten Sauerstoffpartialdrucks wird in dieser Studie diskutiert.

SEUSING (91) beobachtete verlängerte Überleitungszeiten und Extrasystolen unter dem Einfluß von Druckluft bis 2,5 bar Überdruck.

HALPERN und GREENSTEIN (30) berichten über einen Taucher, der nach mehreren Tauchgängen bis neun Meter Tiefe einen AV-Block ersten Grades entwickelte.

KOROTAYEV und Mitarbeiter (zitiert von WILSON und Mitarbeitern (98)) beschreiben das Auftreten von ventrikulären Extrasystolen während des Aufenthalts in erhöhtem Luftdruck.

HAGEN und SEUSING (28) fanden bei der Untersuchung des Elektrokardiogramms von 22 gesunden Versuchspersonen unter Druckluftbedingungen bis 1,5 bar Überdruck in drei Fällen vereinzelte, monotope ventrikuläre Extrasystolen, die durch Änderungen im vegetativen Tonus erklärt wurden.

Zusammenfassend ergibt sich, daß in der Literatur zwar verschiedentlich über das Auftreten von Extrasystolen bei Aufenthalt in Überdruck berichtet wird, über den Kausalzusammenhang jedoch bisher nur Vermutungen angestellt werden können.

Bei je einem Arbeiter trat während der Tunnelarbeiten in Überdruck eine vorübergehende T - Negativierung sowie eine in eine Bradykardie übergehende Sinusarrhythmie auf. Einige Autoren machten ähnliche Beobachtungen. PAETZEL (68) berichtet über zwei Fälle mit passagerer absoluter Arrhythmie durch wechselnde Luftdruckbelastung. Als Ursache wird ein Einfluß des erhöhten Luftdrucks auf das Reizbildungs- und Leitungssystem des Herzens angenommen.

WÜNSCHE und LAURENZ (102) fanden in Untersuchungen am Kaninchen bei einem Überdruck bis zu drei bar vereinzelt negative T - Wellen und unregelmäßig auftretende Arrhythmien. Es wurde ein Zufallsbefund vermutet, da sich diese Befunde in Kontrolluntersuchungen nicht bestätigen ließen.

Weitere aus der Literatur bekannte Veränderungen des Elektrokardiogramms konnten in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. MARQUORT und RIETZ (59) beobachteten bei Aufenthalt in 2,2 bis 2,6 bar Überdruck Größenänderungen der R - Zacke im Sinne einer Steilerstellung der Herzachse. Als Ursache dafür sahen sie ein Tiefertreten des Zwerchfells in Überdruck, ein Befund, den bereits VIVENOT (96) und PANUM (69) bei ihren Untersuchungen im vorigen Jahrhundert beschrieben haben.

BELS(9) stellte ebenfalls eine Veränderung der Herzlage bei Exposition in zwei bis vier bar Überdruck fest.

Aufgrund der EKG-Aufzeichnungen der vorliegenden Studie ist <sup>uns</sup> eine Stellungnahme zur Lage der Herzachse nicht möglich, da mit Hilfe des Bandspeichersystems nur zwei Ableitungen aufgezeichnet werden konnten.

Eine Zunahme der elektrischen Systolendauer und der PQ-Zeit, die von HAGEN und SEUSING (28) beobachtet und als Hinweis auf einen möglichen Vaguseinfluß in Druckluft gedeutet wurde, konnte in der vorliegenden Studie nicht festgestellt werden.

Die Auswertung der Schleusphasen ergab eine initiale Herzfrequenzabnahme sowohl während der Kompressions- als auch der Dekompressionsphase. Dies ist als Ruheeffekt anzusehen, nachdem die Probanden die Schleuse betreten und auf Bänken Platz genommen haben. Eine darauf folgende Plateauphase, die der Ruhefrequenz unter Schleusbedingungen entspricht, zeigt weder während der Kompression noch während der Dekompression eine Veränderung. Damit ergibt sich als überraschendes Ergebnis, daß zumindest bis 0,7 bar Überdruck eine in der einschlägigen Literatur vielfach beschriebene Abnahme der Herzfrequenz unter Druckluftbedingungen (1,9,21,28,31,34,54 59,69,83,96,98,101,102) nicht bestätigt werden kann. Allerdings liegen nur wenige vergleichbare Untersuchungen vor, da viele Studien in zum Teil wesentlich höherem Luftdruck durchgeführt wurden oder sich mit Sättigungstauchgängen mit Stickstoff-Sauerstoff-Gemischen in Tiefen bis zu 200 Metern beschäftigen.

Im niedrigen Druckbereich bis 1 bar Überdruck konnten MARQUORT und RIETZ (59) bereits ab einer halben Atmosphäre Überdruck eine Abnahme der Herzfrequenz beobachten, die jedoch erst bei wesentlich höherem Druck von etwa zweieinhalb Atmosphären Überdruck deutlich in Erscheinung trat.

HAGEN und SEUSING (28) fanden an 17 von 22 herzgesunden Ärzten und Studenten bereits während der Kompressionsphase bis 0,5 bar Überdruck eine Herzfrequenzsenkung. Ein zu erwartender Wiederanstieg während der Dekompressionsphase war jedoch nur an 13 Probanden zu beobachten. Da es sich hierbei um Versuchspersonen ohne größere Drucklutterfahrung gehandelt haben dürfte, sind die beobachteten Herzfrequenzveränderungen wohl eher auf psychische Einflüsse zurückzuführen.

Als Ursache für die in der Literatur häufig als hyperbare Bradykardie beschriebene Herzfrequenzsenkung bei Erhöhung des Luftdrucks wird in erster Linie der erhöhte Sauerstoffpartialdruck angeführt (9,34,54,91,98).

BELS (9), LEMAIRE und MURPHY (54) und WILSON (98) konnten in vergleichenden Untersuchungen in Druckluft bei erhöhtem Sauerstoffpartialdruck gegenüber konstant bleibendem Sauerstoffpartialdruck eine signifikant größere Herzfrequenzsenkung beobachten.

Von einigen Autoren wird ein direkter Einfluß des erhöhten Luftdrucks auf das autonome Nervensystem diskutiert. FAGRAEUS (21) konnte in Druckluftversuchen bis 6 bar Überdruck zeigen, daß unter Einfluß eines Beta-blockers die Herzfrequenzabnahme wesentlich geringer war. Er nahm einen in Druckluft geringeren Sympathikus-tonus als Ursache für die Druckluftbradykardie an.

Auch eine Erhöhung des Vagotonus unter Druckluftbedingungen wird diskutiert (28,98). DALY und BONDURANT (zitiert von FAGRAEUS (21)) beobachteten, daß durch Atropingabe vor dem Druckluftaufenthalt eine Abnahme

der Herzfrequenz bei Druckerhöhung verhindert werden konnte. Dies zeigt allerdings nur, daß ein möglicherweise durch eine andere Ursache ausgelöster Regulationsvorgang aufgrund der Vagusblockade nicht an das Herz weitervermittelt werden kann. Andererseits scheint dadurch ein direkter Einfluß des erhöhten Luftdrucks auf das Reizbildungssystem und die Muskulatur des Herzens, wie er von WILSON und Mitarbeitern (98) diskutiert wurde, ausgeschlossen zu sein. Eine Erhöhung des Stickstoffpartialdrucks könnte über eine zentrale Wirkung im Sinne eines gering ausgeprägten narkotischen Effekts eine Wirkung auf die Herzfrequenz haben. Dies wurde von BELS (9) als mögliche Ursache für die beobachtete kontinuierliche Herzfrequenzabnahme im Verlauf eines mehrstündigen Aufenthalts in hohem Luftdruck angeführt. Im Druckbereich unter 1 bar Überdruck dürften jedoch andere Einflüsse höher zu bewerten sein. Die während der Kompression im Vergleich zur Dekompression deutlich höhere Plateauphase ist am ehesten durch die höhere Umgebungstemperatur bedingt. Eine Herzfrequenzerhöhung bei ansteigender Temperatur wird in der Literatur beschrieben (KETUSINH e.a. (44), LEMAIRE und MURPHY (54)).

Bei Gegenüberstellung der drei Arbeitsschichten (Früh-, Spät- und Nachtschicht) zeigten sich in der Spätschicht (14<sup>00</sup> h bis 22<sup>00</sup>) die höchsten Schichtstundenwerte für die Anzahl der Herzaktionen. Herzfrequenzspitzenwerte traten ebenfalls bevorzugt während der Spätschicht auf. In der Nachtschicht dagegen waren insgesamt die niedrigsten Stundenwerte für die Anzahl der Herzaktionen zu beobachten, ein besonders deutlicher Rückgang war in der Zeit zwischen 1<sup>00</sup> h und 4<sup>00</sup> h fest-

zustellen. Hierin ist eine gute Übereinstimmung mit den in der Literatur beschriebenen Circadianrhythmen verschiedener physiologischer Parameter (3,12,15,16, 19,39,57,62,70,79 82) zu erkennen.

ASCHOFF (3) stellte fest, daß es praktisch keine Funktion im Organismus gibt, die nicht im Lauf von 24 Stunden regelhaft ein Maximum und Minimum durchläuft. Für die Herzfrequenz beschreibt er einen Circadianrhythmus mit einem Minimum um 3<sup>00</sup> h nachts und einem Maximum gegen 15<sup>00</sup> h nachmittags.

MENZEL (62) kam zu demselben Ergebnis, zusätzlich beobachtete er ein relatives Maximum gegen 10<sup>00</sup> h vormittags.

ILMARINEN und Mitarbeiter (39) fanden einen Circadianrhythmus der Ruhefrequenz mit einem Minimum um 5<sup>00</sup> h und einem Maximum um 17<sup>00</sup> h. Im Unterschied dazu wurde ein Circadianrhythmus für die Herzfrequenz bei Arbeitsbedingungen mit einem Minimum um 3<sup>00</sup> h und einem Maximum um 15<sup>00</sup> h, sowie ein Circadianrhythmus für die Erholungszeit nach einer Belastung mit einem Maximum gegen 3<sup>00</sup> h und einem Minimum gegen 15<sup>00</sup> h festgestellt. Es konnte gezeigt werden, daß Nachtarbeit aufgrund der verringerten kardiozirkulatorischen Leistungsfähigkeit bei Nacht sowohl subjektiv, als auch objektiv schwerer ist als dieselbe Arbeit bei Tage.

CONROY (16) beschrieb einen Circadianrhythmus des Leistungspulsindex (Verhältnis der Herzfrequenzzunahme zur Steigerung der Belastung) mit einem Minimum zwischen 2<sup>00</sup> h und 4<sup>00</sup> h nachts und einem Maximum zwischen 16<sup>00</sup> h und 18<sup>00</sup> h nachmittags.

Zusammenfassend läßt sich nach Auswertung der Li-

teratur bezüglich der Schichtarbeitproblematik feststellen, daß sich in den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ein Circadianrhythmus der körperlichen Leistungsfähigkeit zeigt. Demnach ist während der Nachtschicht mit geringerer körperlicher Leistungsfähigkeit und damit eher mit einer kardiozirkulatorischen Überlastung zu rechnen.

Die Auswertung der EKG-Langzeitaufzeichnungen nach der Häufigkeit hoher Herzfrequenzwerte ergab, daß eine Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute, wie sie beim Probandenkollektiv im Durchschnitt bei einer Belastung von 125 Watt am Fahrradergometer auftrat, von der Mehrzahl der Probanden teils über erheblich lange Zeiträume hinweg überschritten wurde. Im berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 wird im Rahmen der Untersuchung zur Eignung für Druckluftarbeiten lediglich eine ergometrische Belastung von 120 Watt über fünf Minuten oder eine Stufenbelastung zur Bestimmung der W 150 empfohlen.

Ein Vergleich mit der Dauerleistungsgrenze für die Herzfrequenz nach GRANDJEAN (27) weist die Tätigkeit der Mineure unter den Druckluftarbeitern im Tunnelbau als Schwer- bis Schwerstarbeit aus. Zudem konnte eine bisher angenommene hyperbare Bradykardie im Bereich bis 0,7 bar Überdruck nicht bestätigt werden. Wie FAGRAEUS (21) nachweisen konnte, zeigt sich auch keine Verringerung der maximal bei körperlicher Belastung erreichten Herzfrequenz in Druckbereichen bis 1,4 bar Überdruck.

Eine ergometrische Belastung von 120 Watt über fünf Minuten erscheint daher für eine Eignungsuntersuchung für die Mehrzahl der Druckluftarbeiter im Tunnel-

bau als nicht ausreichend. Zu empfehlen ist eine alters-  
entsprechend submaximale Belastung am Fahrrädergonometer.  
Für Personen mit geringer körperlicher Aktivität, wie  
Maschinenführer, Lokführer oder Seitenladerfahrer, ist  
die bisher übliche Belastung ausreichend.

## 5. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden arbeitsmedizinischen Studie war die Beurteilung der kardiozirkulatorischen Beanspruchung durch den modernen Untertagevortrieb in Druckluft, wie er streckenweise für den Ausbau des Münchner-U-Bahnnetzes Anwendung findet.

Insbesondere sollte geprüft werden, ob die von der Berufsgenossenschaft empfohlenen Kriterien für das Belastungselektrokardiogramm im Rahmen der Eignungsuntersuchung ausreichend sind, welche Belastungen das im Tunnelbau neu eingeführte Spritzbetonverfahren sowie der durchgehende Dreischichtbetrieb mit sich bringen und welche Auswirkungen der erhöhte Luftdruck und die Druckwechsel auf Herzfrequenz und Elektrokardiogramm haben.

An 24 nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 31 für Arbeiten in Druckluft geeigneten Männern und Maschinenführern wurden während ihrer Arbeiten in 0,7 bar Überdruck Langzeitaufzeichnungen des Elektrokardiogramms mit Hilfe des Bandspeichersystems durchgeführt.

Wir konnten feststellen:

1. Während Arbeiten mit dem Spritzbetonverfahren wurden Herzfrequenzspitzenwerte bis zu 187 Schlägen/Minute gemessen.
2. In den EKG-Aufzeichnungen zweier Arbeiter ließen sich zum Teil schon bei Herzfrequenzen unter 100 Schlägen/Minute ventrikuläre Extrasystolen nachweisen, die teils gekoppelt, im Bigeminus-Rhythmus, als 2:1 -, 3:1 -, 4:1 - Extrasystolie oder vereinzelt auftraten.

In einem Fall traten Extrasystolen gehäuft im Zusammenhang mit Spritzbetonarbeiten auf.

3. Eine Abnahme der Herzfrequenz durch erhöhten Luftdruck war im Druckbereich bis 0,7 bar Überdruck nicht festzustellen.
4. Es konnte eine circadiane Rhythmik für die kardio-zirkulatorische Leistungsfähigkeit mit einem Minimum zwischen 1<sup>00</sup> h und 4<sup>00</sup> h nachgewiesen werden.
5. Die Dauerleistungsgrenze für Männer nach Grandjean wurde von der Mehrzahl der untersuchten Probanden erheblich überschritten, zum Teil über Zeiträume bis zu fünf Stunden pro Schicht.
6. Die Mehrzahl der Druckluftarbeiter erreichte im Untertagevortrieb deutlich höhere Herzfrequenzwerte als durchschnittlich bei der von der Berufsgenossenschaft im Rahmen der Eignungsuntersuchung empfohlenen ergometrischen Belastung von 120 Watt auftreten.

Aufgrund der in der vorliegenden Studie gewonnenen Erkenntnisse ist zur Eignungsuntersuchung für Druckluftarbeiter eine altersentsprechend submaximale ergometrische Belastung zu fordern. Lediglich für Maschinenführer mit leichter körperlicher Arbeit ist die bisherige Empfehlung nach G 31 ausreichend. Für die periodisch anfallenden Schwerstarbeiten im Rahmen des Spritzbetonverfahrens (z.B. das Aufstellen der sogenannten Ringe) ist für einen wechselnden Einsatz zu sorgen, um Überlastungen einzelner Arbeiter zu vermeiden.

# Literaturverzeichnis

- (1) Alnor, P.C., Herget, R., Seusing, J.  
Drucklufterkrankungen.  
Johann Ambrosius Barth-Verlag, München 1964
- (2) Angersbach, D., Knauth, P., Loskant, H., Karvonen, M.J., Undeutsch, K., Rutenfranz, J.  
A retrospective cohort-study comparing complaints and diseases in day-and shiftworkers.  
Int. Arch. Occup. Environ. Health 45, 127-140  
(1980)
- (3) Aschoff, J.  
Eigenschaften der menschlichen Tagesperiodik,  
in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.95-104
- (4) Bachmann, K.  
Ambulante EKG-Überwachung.  
Münch.med.Wschr. 121, 307 (1979)
- (5) Balldin, U.I.  
Intracardial gas bubbles and decompression sickness while flying at 9,000 m within 12-24 h of diving.  
Aviation, Space and Environ. Medicine 49, 1314-1318  
(1978)
- (6) Balldin, U.I., Borgström, P.  
Intracardial bubbles during decompression to altitude in relation to decompression sickness in man.  
Aviation, Space and Environ. Medicine 47, 113-116  
(1976)

- (7) Bason, R., Pheeny, H., Dully, F.E. jr.  
Incidence of decompression sickness in navy low-pressure chambers.  
Aviation, Space, Environ. Med. 47, 995-997 (1976)
- (8) Becker, F.F.  
Neue Möglichkeiten der Messung von Belastungs- und Beanspruchungsparametern am Arbeitsplatz, in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.61-68
- (9) Bels, U.  
Das Verhalten der Pulsfrequenz und der Äther-Decholinzeit im Überdruck.  
Forschungsbericht Nr.66-36 der Deutschen Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Bad Godesberg 1966
- (10) Biersner, R.J.  
Factors in 171 navy diving decompression accidents occurring between 1960-1969.  
Aviat., Space, Environ. Med. 46, 1069-1073 (1975)
- (11) Bolt, W.  
Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit, in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971
- (12) Borsch-Galetke, E., Peters, Th.  
Experimentelle Untersuchungen zur Beanspruchung von Feinwerkerinnen in Früh- und Spätschicht.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 16, 46-49 (1981)

- (13) Bründel, K.-H., Büssing, A.  
Energiestoffwechsel und Herzfrequenz bei Gru-  
benwehrmitgliedern.  
Zbl.Arbeitsmedizin 31, 106-112 (1981)
- (14) Bründel, K.-H., Kahabka, M.  
Herzinfarktstudie bei Beschäftigten der Über-  
und Untertagebetriebe im Aachener Revier.  
Zbl.Arbeitsmedizin 31, 428-433 (1981)
- (15) Colquhoun, Ph.D.  
Experimental studies of shiftwork.  
Westdeutscher Verlag, Opladen 1975
- (16) Conroy, R.T.W.L., Mills, J.N.  
Human circadian rhythms.  
J. and A. Churchill, London 1970, S. 68-111
- (17) Davis, J.C., Sheffield, P.J., Schuknecht, L.,  
Heinbach, R.D., Dunn, J.M., Douglas, G., Anderson,  
G.K.  
Altitude decompression sickness: hyperbaric therapy  
results in 145 cases.  
Aviat., Space, Environ. Med. 48, 722-730 (1977)
- (18) Dransfeld, B., Mellerowicz, H.  
Untersuchungen über das Verhalten der Herzschlag-  
frequenz während und nach körperlichen Leistungen.  
Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol.  
16, 464-471 (1957)

- (19) Ehrenstein, W.  
Circadiane Rhythmen, Zeitgeber und Verhalten.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 12, 13-16  
(1977)
- (20) Engel, P., Hildebrandt, G., Pöhlmann, L.  
Die Wirkung von Schlafunterbrechung und Nachtar-  
beit auf die Frequenz- und Phasenkoordination von  
Herzschlag und Atmung während des Schlafes,  
in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle  
Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.95-104
- (21) Fagraeus, L.  
Cardiorespiratory and metabolic functions during  
exercise in the hyperbaric environment.  
Acta Physiologica Scandinavica, suppl. 414,  
Stockholm 1974
- (22) Fröberg, J.E., Åkerstedt, T.  
Auswirkungen der Nacht- und Schichtarbeit auf die  
Gesundheit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 9, 223-226  
(1974)
- (23) Furlanello, F., Lanzetta, T., Disertori, M., Verga-  
ra, G., Christofolini, M., Bertoluzza, G., Binda, F.  
Über die radiotelemetrische und die Magnetbandauf-  
zeichnung der elektrischen Herzaktivität bei  
Amateursportlern unter Wettkampfbedingungen.  
Elektromedica 2, 55-63 (1976)

- (24) Giesen, H.-K., Schuler, M.  
Cardio-Patho-Cord CPC 100, ein neues Gerät zur  
Langzeit-EKG-Überwachung.  
Münch.med.Wschr. 121, 323 (1979)
- (25) Glagov, S., Rowley, D.A., Cramer, D.B., Page, R.G.  
Heart rates during 24 hours of usual activity for  
100 normal men.  
Journ. appl. Physiol. 29, 799-805 (1970)
- (26) Gossler, K., Schiele, R., Schaller, K.-H., Weltle, D.,  
Müller, S., Valentin, H.  
Das Verhalten einiger biochemischer Parameter bei  
der physischen Beanspruchung durch einen Lang-  
streckenmarsch.  
Occp. and env. Health 41, 103-115 (1978)
- (27) Grandjean, E.  
Die physische Arbeitsbelastung in der Industrie.  
Herz-Kreislauf 11, 97-101 (1979)
- (28) Hagen, H., Seusing, J.  
EKG bei Gesunden unter Druckluft.  
Zeitschrift für Kreislaufforschung 41, 658 (1952)
- (29) Halbreich, U., Torbati, D.  
Capillary fragility during air exposure of man to  
1-5 ATA and after decompression.  
Aviat., Space, Environ. Med. 49, 1295-1296 (1978)
- (30) Halpern, P., Greenstein, A.  
Cardiac decompression sickness: report and discussion  
of a case.  
Aviat., Space, Environ. Med. 52, 350-353 (1981)

- (31) Hardenbergh, E., Buckles, R.G., Miles, J.A. jr.,  
Schilling, P.W., Eckenhoﬀ, J.B.  
Cardiovascular changes in anesthetized dogs at  
3 and 5 atmospheres absolute pressure.  
Aerospace Med. 44, 1231-1235 (1973)
- (32) Hart, G.B.  
Screening test for decompression sickness.  
Aviat., Space, Environ. Med, 47, 993-994 (1976)
- (33) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossen-  
schaften  
Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeits-  
medizinische Vorsorgeuntersuchungen.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1981, S.31
- (34) Heller, R., Mager, W., Schroetter, H.v.  
Luftdruckerkrankungen.  
Wien 1960
- (35) Hermann, H.  
Arbeitsmedizinische Aspekte der Schichtarbeit.  
Zbl. Arbeitsmed. 32, 64-67 (1982)
- (36) Hilfert, R., Kühne, G., Toussaint, R., Zerlett, G.  
Die kontinuierliche Erfassung und digitale  
Speicherung von Biosignalen in Arbeitsmedizin  
und Ergonomie - eine einfache Methode zur Beur-  
teilung der Beanspruchung des Menschen während  
der Arbeit als Alternative zu telemetrischen Ver-  
fahren.  
Zbl. f. Arbeitsmed. 30, 57 (1980)

- (37) Horlein, H.  
Vorsorgeuntersuchungen bei Herz- und Kreislauf-  
gefährdeten - Infarktprophylaxe.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 4, 259-  
261 (1969)
- (38) Ilmarinen, J.  
Beziehungen zwischen beruflicher und sportlicher  
körperlicher Aktivität und kardiopulmonale  
Leistungsfähigkeit.  
Diss., Köln 1978
- (39) Ilmarinen, J.  
Circadian variation of physiological functions  
related to physical work capacity.  
Scand.j.work environ. health 6, 112-122 (1980)
- (40) Ilmarinen, J., Rutenfranz, J., Kylian, H., Klimmer, F.,  
Ahrens, M., Ilmarinen, R.  
Untersuchungen über unterschiedliche präventive  
Effekte von habituellen körperlichen Aktivitäten  
in Beruf bzw. Freizeit.  
II. Die Wirkung von körperlichen Aktivitäten im  
Beruf bzw. in der Freizeit auf die kardiopulmonale  
Leistungsfähigkeit.  
Int. Arch. Occup. Environ. Health 49, 1-12 (1981)
- (41) Kentner, M., Valentin, H.  
Kardiopulmonale Insuffizienzkriterien.  
Zbl. Arbeitsmed. 32, 268-282 (1982)

- (42) Kessel, R.  
Beurteilung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit.  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 44, 1474-1475  
(1981)
- (43) Kessel, R.  
Die Belastungsprüfung der Herz-Kreislauf-Funktion  
in der Arbeitsmedizin.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 16, 214-219  
(1981)
- (44) Ketusingh, O., Chintanaseri, Ch., Prasertsirihhandhu, S.  
Veränderungen von Pulsfrequenz, Blutdruck und  
Körpergewicht bei Arbeit in trocken-heißen und  
feucht-heißen Umgebungen.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 5, 80-81  
(1970)
- (45) Kindwall, E.P., Margolis, I.  
Management of severe decompression sickness with  
treatment ancillary to recompression: case report.  
Aviat., Space, Environ. Med. 46, 1065-1068 (1975)
- (46) Kirchhoff, H.W.  
Die Telemetrie als Hilfsmittel der Arbeits- und  
Leistungsphysiologie.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 4, 112-116  
(1969)

- (47) Klimmer, F., Kylian, H., Ilmarinen, J., Rutenfranz, J.  
Arbeitsmedizinische und arbeitsphysiologische  
Untersuchungen bei verschiedenen Tätigkeiten  
im Bauhauptgewerbe.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 18,  
143-147 (1983)
- (48) Klimmer, F., Rutenfranz, J.  
Zur Belastung und Beanspruchung durch Tätig-  
keiten auf Entrindungsmaschinen bei der mecha-  
nisierten Holzernte.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 18, 2-6  
(1983)
- (49) Klimmer, F., Rutenfranz, J., Rohmert, W., Mainzer, J.  
Belastungs- und Beanspruchungsmessungen bei  
Tätigkeiten im Tiefbau für die Energie- und  
Wasserversorgung.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 18, 82-86  
(1983)
- (50) Konietzko, H.  
Ein Beispiel für die Bedeutung telemetrischer  
Arbeitsplatzkontrolle.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshyg. 9 , 230  
(1974)
- (51) Krell, U., Rohmert, W.  
Zur Eignungsdiagnostik für körperliche Arbeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 15, 203-  
209 (1980)

- (52) Laer, A.v., Schücke, G. Rohde, W.  
Standardisierte ergometrische Untersuchungen bei  
Glsblütern.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 16, 294-307  
(1981)
- (53) Laurig, W., Philipp, U.  
Veränderungen der Pulsfrequenzarrhythmie in Abhängig-  
keit von der Arbeitsschwere.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshyg. 5, 184-188  
(1970)
- (54) Lemaire, C., Murphy, E.L.  
Heart rate and core temperature as indicators of  
heat stress during deep underwater activity.  
Aviat., Space, Environ. Med. 48, 146-148 (1977)
- (55) Liebig, G.  
Die Saug- und Druckkraft des Thorax in der pneu-  
matischen Kammer.  
Münchener Med. Wochenschrift. 43, 290 (1896)
- (56) Löllgen, H.  
Ergometrie in der praktischen Arbeitsmedizin.  
Zbl. für Arbeitsmed. 29, 30-43 (1979)
- (57) Lortie, M., Foret, J., Teiger, C., Laville, A.  
Circadian rhythms and behavior of permanent night-  
workers.  
Int. Arch. Occup. Environ. Health 44, 1-11 (1979)

- (58) Mansourian, P. Masironi, R., Nicoud, J.D., Steffen, P.  
Recording the cardiac interbeat interval distribution.  
Journal of appl. Physiol. 38, 542-545 (1975)
- (59) Marquort, W., Rietz, J.  
Physiologische Untersuchungen und Beobachtungen  
an Druckluftarbeitern.  
Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. 106, 684-703 (1939)
- (60) Marshall, M. Kessel, R.  
Kreislaufkrankungen und Berufsarbeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 18, 237-242  
(1983)
- (61) Martinek, H., Schedl, R., Tonczar, L.  
Zur Problematik der Caissonkrankheit.  
Zentralbl. f. Arbeitsmed. 28, 136-139 (1978)
- (62) Menzel, W.  
Menschliche Tag- Nacht- Rhythmik und Schichtarbeit  
Benno Schwabe & Co Verlag, Basel-Stuttgart 1962,  
S. 20-115
- (63) Müller-Seitz, P.  
Arbeits- und sozialwissenschaftliche Aspekte der  
Schichtarbeit.  
Zentralbl. f. Arbeitsmed. 31, 276-284 (1981)
- (64) Müller-Seitz, P.  
Betriebsarzt und Schichtarbeit.  
Zentralbl. f. Arbeitsmed. 28, 187-197 (1978)

- (65) Müller, H.  
EKG-Reihenuntersuchungen bei Tag- und Nachtarbeitern  
und ihre Konsequenzen. -  
Zeitschrift innerer Medizin 10, 145 (1955)
- (66) Ohlsson, O., Henningsen, N.C.  
The effect on blood pressure, ECG and heart rate of  
psychological stress, static and dynamic muscle  
work.  
Acta. Med. Scand. 211, 113-120 (1982)
- (67) O'Kelly, F.J., Lion, N.C.  
Medical surveillance of compressed air work support  
service personnel.  
J.Soc. Occup. Med. 34, 124-126 (1984)
- (68) Paetzel, P.  
Passagere absolute Arrhythmie durch wechselnde Luft-  
druckbelastung.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshyg. 6, 149-150 (1971)
- (69) Panum, P.L.,  
Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen der  
comprimierten Luft.  
Pflügers Archiv ges. Physiol. 1, 125-165 (1868)
- (70) Pirtkien, R.  
Über die 24-h-Rhythmik des Menschen und das vegetative  
Nervensystem.  
Internat. Zeitschr. angew. Physiol. einschl. Arbeits-  
physiol. 16, 198-211 (1956)

- (71) Reimann, K.D.  
Spätschäden durch Arbeiten in Druckluft.  
Veröffentlichungen aus dem schiffahrtsmed. Inst.  
d. Marine, Bd. III, Kronsberg 1978, S. 107-117
- (72) Reinhardt, J.  
Berufe im Bergbau. Aktuelle ärztliche Berufskun-  
de Nr. 125 und Nr. 126.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 12 (1977)
- (73) Rietschel, E.  
Telemetrische Langzeituntersuchungen bei Führungs-  
kräften in der Industrie,  
in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle  
Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S. 259-271
- (74) Rohmert, W., Rutenfranz, J.  
Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung  
und Beanspruchung an unterschiedlichen industrie-  
ellen Arbeitsplätzen.  
Bundesminister für Arbeit (Hrsgb.), Bonn 1975
- (75) Rosenkranz, K.A., Uhlenbruch, K., Groß, B.  
Elektrokardiographische Langzeitbeobachtungen  
während der beruflichen Tätigkeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 4, 59-62  
(1969)

- (76) Rutenfranz, J., Seliger, U., Andersen, K.L.,  
Ilmarinen, J., Flöring, R., Rutenfranz, M., Klimmer, F.  
Erfahrungen mit einem transportablen Gerät zur  
kontinuierlichen Registrierung der Herzfrequenz  
für. Zeiten bis zu 24 Stunden.  
Europ. Journ. Appl. Physiol. 36, 171-185 (1977)
- (77) Rutenfranz, J.  
Zur Frage der Vergleichbarkeit von ergometrischen  
Methoden zur Prüfung der körperlichen Leistungs-  
fähigkeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 2, 93-96  
(1967)
- (78) Rutenfranz, J.  
Arbeitsmedizinische Gesichtspunkte zum Problem  
der Schichtarbeit,  
in: Rutenfranz, J. Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Pro-  
bleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.61-68
- (79) Rutenfranz, J.  
Arbeitsphysiologische Aspekte der Nacht- und  
Schichtarbeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 2, 17-23  
(1967)
- (80) Rutenfranz, J., Knauth, P., Angersbach, D.  
Arbeitsmedizinische Feststellungen zu Befindlich-  
keitsstörungen und Erkrankungen bei Schichtarbeit.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 15, 32-40 (1980)

- (81) Rutenfranz, J., Werner, E.  
Schichtarbeit bei kontinuierlicher Produktion,  
in: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfall-  
forschung (Hrsgb.): Forschungsbericht 141  
Dortmund 1975
- (82) Rutenfranz, J., Bernotat, R.  
Arbeitsphysiologische Grundprobleme von Nacht-  
und Schichtarbeit.  
Westdeutscher Verlag, Opladen 1978
- (83) Schäcke, G., Essing, H.-G., Nemitz, B., Zorn, R.  
Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen bei  
Tauchern.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 14,  
229-232 (1979)
- (84) Schäcke, G., Essing, H.-G., Valentin, H.  
Herzrhythmusstörungen  
Arbeitsmed., Sozialmed., Präventivmed. 8, 146-147  
(1973)
- (85) Schäcke, G., Nemitz, B., Zorn, R.  
Taucheruntersuchungen nach berufsgenossenschaft-  
lichen Grundsätzen,  
in: Gerstenbrand, Lorenzoni, Seemann (Hrsgb.):  
Tauchmedizin.  
Schlütersche Verlagsbuchhandlung, Hannover 1980

- (86) Schücke, G., Weitowitz, H.-J., Weitowitz, R.  
Moderne Langzeituntersuchungen von Herzschlagfrequenz und Elektrokardiogramm am Arbeitsplatz.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 5, 171 (1970)
- (87) Schücke, G., Weitowitz, H.-J..  
Standardisierungsvorschläge für radiotelemetrische oder magnetbandspeichernde Langzeituntersuchungen des Elektrokardiogramms am Arbeitsplatz,  
in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Probleme der Arbeitsumwelt.  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.251-257
- (88) Schwarz, H.  
Ärztliche Beurteilung bei Arbeiten unter erschwerten Bedingungen und mit speziellen Anforderungen.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 3, 266-270.  
(1968)
- (89) Seemann, K.  
Medizinische Aspekte der Arbeit im Überdruck.  
Veröffentlichungen aus dem Schiffahrtsmed. Inst. d. Marine, Band III, Kronshagen 1978, S.319-322
- (90) Seemann, K.  
Therapie bei Dekompressionsunfällen und Luftembolien.  
Veröffentlichungen aus dem Schiffahrtsmed. Inst. d. Marine, Band III, Kronshagen 1978, S.137-144

- (91) Seusing, J.  
EKG - Veränderungen bei Tauchern.  
Ärztliche Wochenschrift 8, 465 (1953)
- (92) Simon, H., Schilling, G.  
EKG-Langzeit-Registrierung zur Erfassung von  
Arrhythmien.  
Deutsche Med. Wochenschr. 104, 237-238 (1979)
- (93) Simon, H., Schilling, G.  
Indikationen zur 24-stündigen EKG-Registrierung.  
Deutsche Med. Wochenschr. 105, 522- 525 (1980)
- (94) Swensson, Å,  
Spezielle gesundheitliche Gefährdung von Nacht-  
und Schichtarbeit, einschließlich deren Vorbeugung,  
in: Rutenfranz, J., Singer, R. (Hrsgb.): Aktuelle Pro-  
bleme der Arbeitsumwelt  
Gentner Verlag, Stuttgart 1971, S.45-60
- (95) Thür, M.  
Tödliche Erkrankung durch Arbeit in Druckluft.  
Arbeitsmed., Sozialmed., Arbeitshygiene 3, 304  
(1968)
- (96) Vivenot, R.v.  
Zur Kenntnis der physiologischen Wirkungen und der  
therapeutischen Anwendung der verdichteten Luft.  
Erlangen 1868

- (97) Ward Gardner, A., Dagnall, B.D.  
The effect of twelve-hour shiftworking on absence attributed to sickness.  
British Journal of Industrial Medicine 34,  
148-150 (1977)
- (98) Wilson, M., Kligfield, P.D., Adams, G.M., Harvey, C., Schaefer, K.E.  
Human ECG-changes during prolonged hyperbaric exposures breathing N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> mixtures.  
J. appl. physiol. resp. environ. exercise physiol. 42, 616 (1977)
- (99) Winget, M., Hughes, L., La Don, J.  
Physiological effects of rotational work shifting: a review.  
Journal of Occupational Medicine 20, 204-210 (1978)
- (100) Wohlrabe, H.-M.  
Aspekte des Schichtarbeitproblems.  
Zbl. Arbeitsmed. 31, 293-295 (1981)
- (101) Wünsche, O.  
Die Wirkung der Arbeiten unter erhöhtem Luftdruck auf den Menschen.  
Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 1773  
Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1966
- (102) Wünsche, O., Laurenz, F.  
Tierexperimentelle Untersuchungen im Überdruck.  
Luftfahrtmedizin Band 5, 1941, S. 225

- (103) Zerzawy, R., Bachmann, K., Fleischer, H.  
Telemetrische Untersuchungen der Herz- und Kreis-  
laufbelastung auf einem Trimpfad.  
Deutsche Med. Wochenschr. 101, 664 (1976)

### Lebenslauf

Martin Schaefers, geboren am 25.7.57 in Frankfurt am Main als Sohn des Diplom Ingenieurs Josef Schaefers und Frau Gertrud Schaefers.

1963 - 1965 Volksschule in München

1965 - 1967 Volksschule in Neufahrn

1967 - 1976 Josef-Hofmiller-Gymnasium in Freising

1976 Beginn des Studiums der Humanmedizin  
an der Ludwig-Maximilian-Universität  
in München

1978 Physikum

1979 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

1982 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

1983 Praktische Ausbildung in Kinderheilkun-  
de, Innerer Medizin und Chirurgie

April 1984 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Mai 1984 Mündliches Staatsexamen

Seit September 1984 tätig als Assistenzarzt im Bundes-  
wehrkrankenhaus Detmold













